



UMU-202-T

அஞ்சல்வழிக் கல்வி
நிறுவனம்

இ

பி.ஏ. பட்ட படிப்பு

ந்

இரண்டாம் ஆண்டு

தி

இசை

ய

தாள்—4

இ

இயல் இசை — 2

சை

பாடத்தொகுப்பு—1

பி.ஏ. பட்ட வகுப்பு

தாள்—4

இயல் இசை—2

பாடத்தொகுப்பு—1

வரவேற்கிறோம்

அன்புள்ள மாணவரீர்,

பி.ஏ. வகுப்பில் இந்திய இசை படிக்க இருக்கும் உங்களை வாழ்க நிறுவனம் வரவேற்கிறது.

இரண்டாம் ஆண்டில் நீங்கள் படிக்க விரும்பிய ஐந்து தாள்களில் இது தாள்—4, இயல் இசை எனும் தாளுக்கு உரியது. இந்த தாளுக்கு உரிய பாடங்கள் உங்களுக்கு தவணை முறைப்படி அனுப்பி வைக்கப்பெறும். தொடர்ந்து வகுப்புகளில் நிகழ்த்தப்பெறும் விரிவுரைகள் இந்த பாடங்களை மேலும் விளக்கி நிறைவு செய்யும்.

அஞ்சல்வழிக் கல்வியில் மிக நன்றாக நீங்களே முயன்று படிக்க வேண்டும் என்பதை உணர்ந்திருப்பீர்கள். நீங்கள் மனமொன்றிப் படிப்பில் ஈடுபட்டு உழைப்பீர்களென்று பெரிதும் நம்புகிறோம்.

இந்தப் படிப்புக்காலம் முழுவதும் நாங்கள் உங்களுக்கு தேக்க முறையில் வழிகாட்டி உதவி புரிவோமென்று நிறுவனச் சார்பில் உறுதி அளிக்கிறோம்.

முயன்று படித்துச் சிறப்பாக வெற்றி பெறுங்கள்.

இயக்குநர்

II — SYLLABUS

PAPER—IV

THEORY OF MUSIC — II

- I. Outline knowledge of the human voice box and the ear.
- II. Musical sound and their characteristics :
 - (1) Pitch, intensity and timbre.
 - (2) Frequency and interval
Relative frequencies of the 12 svarasthana-s and the values of the intervals between them.
 - (3) Free and forced vibration ;
Resonance, Sympathetic vibration ;
Beats and Combination tones.
 - (4) Upper partials and Harmonics.
- III. Vibrations of stretched strings :
Acoustic principles underlying tambura, vina and violin.
- IV. Vibration of air columns :
Acoustic principles underlying flute and nagasvaram.
- V. Vibrations of stretched membranes :
Acoustic principles underlying mrdangam and tavil.
- VI. (a) Outline knowledge of the different laksana-s of raga-s :
 - (1) Compositions from which the laksana-s have been deduced, (2) svarasthana-s, (3) graha svara, (4) amsa or jiva, (5) nyasa, (6) melodic behaviour of specific svara-s, (7) sancara, (8) aroha and avaroha.

(b) Laksana-s of the raga-s prescribed for krti-s in Practical I and II.

VII. Laksana of krti form :

Contribution of — Pallavi Gopalayyar, Syama Sastri, Tyagaraja, Muttusvami Dikshitar, Gopalakrishna Bharati, Anai-Ayya, Subbaraya Sastri, Vina Kuppayyar, Mysore Sadasiva Rao, Patnam Subrahmanya Ayyar, Pallavi Sesayyar, Ramanathapuram Srinivasa Ayyangar, Muttayya Bhagavata, Papanasam Sivan, Mysore Vasudevacharya, Kotisvara Ayyar, G. N. Balasubramanyam and Dandapani Desikar.

Brief biographical details of the above composers.

(1) kampitam, (2) sphurita, (3) nokku, (4) khandippu, (5) jaru, (6) odukkal, (7) orikai.

VIII. Knowledge of the following gamaka-s :

IX. Study of the use of dvitiyaksara prasa (edugai) and yati (monai) in musical compositions.

Technical terms — paada, anuprasa, antyaprasa, padaccheda, yamaka, manipravala, sahitya, svarak-sara, gopucchā and srotovaha alamkara-s.

X. Mudras in musical compositions.

XI. Ability to reproduce in notation the varnam-s and krti-s learnt in Practical I and II.

XII. Cycles of fifths and fourths.

II — பாடத்திட்டம்

இசை இயல்—2

தாள்—4

I. மனிதனின் பேசும் அவயமும் காதும் பற்றி அறிதல்.

II. இசை ஒலியும் அதன் அம்சங்களும்.

(அ) ஒலி நிலை அழுத்தம், பண்பு :

(ஆ) துடிப்பு எண்ணும் இடைவெளியும் ; 12 ஸ்வரஸ்தானங்களின் தொடர்பு துடிப்பெண்ணும் அவைகளின் இடைவெளிகளின் மதிப்பும்.

(இ) இயற்கை துடிப்பும் தூண்டப்பட்ட துடிப்பும் ; உடனியக்கத் துடிப்பு, பரிதாப துடிப்பு ; விம்மல்கள், கலந்தொலிகள் ;

பரிவார சுருதிகள் மற்றும் ஹார்மோனிக்ஸ்.

III. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட நரம்புகளின் துடிப்பு :

தம்பூரா, வீணை மற்றும் வயலின் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

IV. காற்று நிரைகளின் துடிப்பு :

புல்லாங்குழல் மற்றும் நாகஸ்வரம் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

V. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தோல்களின் துடிப்பு :

மருதங்கம் மற்றும் தவில் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

VI. (அ) ராகத்தின் வெவ்வேறு லக்ஷணங்களைப் பற்றி அறிதல் :

(1) இலக்கணத்தை வகுக்க எடுத்துக்கொண்ட பாடல்கள், (2) ஸ்வரஸ்தானங்கள், (3) க்ரஹஸ்வரம், (4) அம்ச அல்லது ஜீவ ஸ்வரம், (5) ந்யாஸம்,

(6) குறிப்பிட்ட சில ஸ்வரங்களின் இலையுருவங்கள்.

(7) ஸஞ்சாரம், (8) ஆரோஹணம் மற்றும் அவ ரோஹணம்.

(ஆ) Practical I மற்றும் II-ல் க்ருதிகளுக்காக கொடுக்கப்பட்டுள்ள ராகங்களின் லக்ஷணங்கள்.

VII. க்ருதியின் லக்ஷணம் :

பல்லவி கோபாலய்யர், ச்யாமா சாஸ்திரி, தியாகராஜர், முத்துஸ்வாமி தீக்ஷிதர், கோபாலக்ருஷ்ண பாரதி, ஆனை-ஜயா, ஸுப்பராய சாஸ்திரி, வீணை குப்பையர், மைஸூர் ஸதாசிவ ராவ், பட்டணம் ஸுப்ரஹ்மண்ய அய்யர், பல்லவி சேஷய்யர், ராமநாதபுரம் ஸ்ரீநிவாஸ அய்யங்கார், முத்தய்யா பாகவதர், பாபநாசம் சிவன், ஜி. என். பாலஸுப்ரமண்யன் மற்றும் தண்டபாணி தேசிகர் — க்ருதி உருவமைப்பின் வளர்ச்சிக்கு இவர்கள் ஆற்றிய பணி. இவர்களைப் பற்றி சுருக்கமான வாழ்க்கை வரலாறு.

VIII. கீழ்க்கண்ட கமகங்களைப் பற்றி அறிதல் :

(1) கம்பிதம், (2) ஸ்புரிதம், (3) நொக்கு, (4) கண்டிப்பு, (5) ஜாரு, (6) ஒதுக்கல், (7) ஓரிகை.

IX. இசை பாடல்களில் எதுகை (ப்ராஸம்) மற்றும் மோனை (யதி) கலைச்சொற்கள் :

பாதம், அனுப்ராஸம், அந்த்யப்ராஸம், பதச்சேதம், யமகம், மணிப்ரவாள ஸாஹித்யம், ஸ்வராஷ்ரம், கோபுச்ச மற்றும் ஸ்ரோதோவாஹ அலங்காரங்கள்.

X. இசை பாடல்களில் முத்திரைகள்.

XI. Practical I மற்றும் II-ல் கற்றுக்கொண்ட வர்ணங்களுக்கும், க்ருதிகளுக்கும் ஸ்வர-தாள குறிப்பு எழுதுதல்.

XII. ஸ-ப மற்றும் ஸ-ம க்ரமம்.

III — பொருளடக்கம்

இப்பாடத்தொகுப்பில் பாடங்கள் 1—5 அடங்கியுள்ளன.

IV — பாடப் பகுதி

பாடம் எண் 1

பேசும் அவயவம்

ஸங்கீத வாத்யங்களில் மேன்மையானது மனிதனது பேசும் அவயவம். நாக்கினால் தடவிப் பார்த்து மேல் வாயின் முன் பாகம் அடிமையும்தான், பின் பாகம் ம்ருதுவாயும்தான் தொண்டைவரை பரவி யிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். தவிர இப்பகுதி மூக்கையும் வாயையும் இணைக்கிறது. தொண்டையை பொதுவாக பாரின்கல் (pharynx) என்று கூறுவார்கள். அதன் அடிப்பாகம் முன்புறத்தில் லாரின்கல் (larynx) என்று சொல்லப்படும் ஒலிப்பெட்டி முதற் கொண்டு பின்புறத்தில் உணவுகுழல் வரை வ்யாபித்திருக்கிறது. நாம் உட்கொள்ளும் காற்றை ஒலிப்பெட்டியின் மூலமாக சுவாசக்குழாயிற்கும், நாம் உட்கொள்ளும் ஆகாரத்தை உணவுகுழல் மூலமாக இரைப்பைக்கும் அனுப்புமாறு தொண்டையின் தசைகள் அமைந்திருக்கின்றன. நாம் சுவாசம்விடும் காற்று ஒலிப்பெட்டியிலிருந்து வந்து தொண்டை, வாய், மூக்கு வழியாக வெளிப்படுகிறது. ஒலிப்பெட்டி அமைப்பில் ஒரு முக்கோணத்தை ஒத்திருக்கும். இம்முக்கோணத்தின் முனை (adam's apple) சிலருக்கு கழுத்தில் நன்றாய் நீட்டிக் கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம்.

ஒலிப்பெட்டி நான்கு குருத்தெலும்புகளால் ஆக்கப்பட்டது. அதனுள் குரல்நாண்கள் (vocal cords) என்ற இரண்டு சன்ன தோல்கள் இருக்கின்றன. இவை பக்கவாட்டத்தில் தசைகளினால் இழுக்கப்பட்டுச் சுவாசகுழாயின் த்வாரத்தை கதவுகள் போல் மூடிக் கொண்டிருக்கின்றன. நாம் பேசாமல் காற்றை உட்கொள்ளும் போது அவை நன்றாக விலகுகின்றன. ஆனால் நாம் பேசமுயற்சி செய்தவுடன் குரல் நாண்களின் தசைகள் நெகிழ்ந்து குரல் வளை வாய் சிறியதாகிவிடுகிறது. அப்போது நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்று குரல்நாண்களைத் துடிக்கச் செய்கின்றன. இதனால் ஒலி உண்டாகிறது. இவ்வொலி தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றினால் பலபடுத்தப்பட்டு வெளிக் காற்றில் பரவுகிறது. நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றின் வலிமையை தக்கவாறு மாற்றி ஒலியின் முழுக்கத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம். அதிர்ச்சியின் அளவு குரல்நாண்களின் அசையும் நீளத்தையும் பிசுவை

யும் பொருத்திருப்பதால் தசைகளின் உதவியால் நாண்களின் நீளத் தையும் பிசுவையும் மாற்றி, வேண்டும் என்கிற ஸ்வரங்களைப் பாட முடிகிறது.

குரலும் இசைக்கருவியும்

ஒவ்வொரு இசைக்கருவியும் முக்கியமாக மூன்று பாகங்களைக் கொண்டது.

1. துடிக்கும் பகுதி.
2. முழக்கத்தை அதிகரிக்கும் பகுதி — ரெஸொனேடர் அல்லது குடம்.
3. பலவித ஸ்வரங்களை உண்டாக்குவதற்கு வசதி.

வீணையை எடுத்துக்கொண்டால், வாசிக்கும் தந்திகளின் மற்றும் ச்ருதி/தாள தந்திகளின் அதிர்வால் ஏற்படும் ஒலி குடத்தாலும் தண்டியாலும் பெருக்கப்படுகிறது. வெவ்வேறு ஸ்வரங்களை வாசிக்க பிரதான தந்திகள் இடதுகை விரல்களால் மெட்டுகளின் மீது அழுத்தப்படுகின்றன.

பாடும்பொழுது நுரையீரல்கள் விரிந்தும் சுருங்கியும் குரல் நாண்களின் மேல் ஒரு அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் நாண்கள் துடிக்கின்றன. லாரின்க்ஸினால் (larynx) ஏற்படுத்தப்பட்ட காற்றுப்பொந்துகளுக்கு இத்துடிப்புகள் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. நாக்கின் பின்புறம் உள்ள க்ளாட்டிஸ் (glottis) என்னும் பகுதியின் தசைநாரால் (muscles) ஒலியின் ஏற்றம்-இறக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒலியின் முழக்கம் காற்றின் வலிமையை கட்டுப்படுத்துவதால் உண்டாகிறது.

குரல் பெட்டியின் இயக்கம் சிலரால் நரம்புக்கருவியுடனும், மற்றும் சிலரால் துளைக்கருவிகளுடனும் ஒப்பிடப்படுகிறது. பார்க்கப் போனால் குரலில் இருவகைக் கருவிகளின் இணைப்பும் தெரிகின்றது. அதாவது ஒலியெழுப்பும் முறை துளைக்கருவி போலும், துடிக்கும் விதம் நரம்புக்கருவி போலும் இருக்கிறது. சமீப காலத்தில் கூறப்படும் கருத்தாவது — நாண்கள் உள்நாக்கை தாண்டி வரும் காற்றில் ஒரு சுழல் (vortex) போன்று ஏற்படுத்தி ஒலியை உண்டாக்குகிறது. தந்திக்கம்பிகளை (telegraph wires) மற்றும் நெற்கதிர்களைத் தாண்டி செல்லும் காற்று இவ்விதம் தான் ஒலியையெழுப்புகிறது.

ஆண்கள் மற்றும் பெண்களின் குரல்

குரல் நாண்கள் ஸ்திரீகளுக்கு இருப்பதைக்காட்டிலும் புருஷர்களுக்கு சற்று நீண்டும் தடித்தும் இருப்பதால் புருஷர்கள் பாடும் ஆதார ச்ருதி ஸ்திரீகளது ஆதார ச்ருதியை விடக் குறைவாக இருக்கிறது. மேலும் இளம் வயதில் குரல் நாண்கள் மெல்லியதாய் இருப்பதினால் சிறுவர்களின் ஆதார ச்ருதி பெரியவர்களின் ஆதார ச்ருதியைக்காட்டிலும் உயர்வாகவே இருக்கின்றது. ஆணின் குரலின் சராசரி அடிப்படை துடிப்பளவு 145 சுற்று ப்ரதி நொடியாக இருக்கும். அதன் பரப்பு 12 ஸ்வரங்கள் இருக்கும். பெண்ணின் குரலின் சராசரி அடிப்படை துடிப்பளவு 230-ம், பரப்பு ஆண்களைப் போலுடையதாகவே இருக்கும்.

ஒலி நிலை (pitch) அல்லது ச்ருதி

ஒலியின் நிலை அல்லது ச்ருதி இரு குரல்-நாண்களின் துடிப்பை, பிசுவை (tension), நீளத்தைப் பொறுத்து இருக்கிறது. இரு நாண்களும் ஒரே சமதளத்தில் முன்னுக்கும் பின்னுக்குமாக இருக்கும். மூச்சு இழுக்கும் பொழுது அவை, ஆண்களில் $3/4$ அங்குலமும் பெண்களில் $1/2$ அங்குலமும் விலகும். சிறுவர்களின் குரல் “உடைவது” குரல் நாண்களின் நீளம் இரு மடங்கு அதிகரிப்பதால் உண்டாகிறது.

குரலின் விரிவு அல்லது பரப்பளவு

குரல் நன்றாக அமைந்த ஒவ்வொருவரும் மூன்று ஸ்தாயிகளுக்கு மேல் பாடும் வசதி உடையவர்கள் சிலரே. ஆண்களில் இரண்டு வகையான குரல்கள் கூறப்படுகின்றன — “மார்பு-ஸ்தாயி” மற்றும் “தலை-ஸ்தாயி”. இதனிடையே இருக்கும் ஒரு பிளவு சாதக பலத்தால் மறைக்கப்படுகிறது. கீழ் ச்ருதிகளில் “மார்பு குரல்” பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கட்டத்தில் குரல் நாண்களிடையே உள்ள இடைவெளி குறுகலாகவும், நீளமாகவும் இருக்கும். நாண்கள் முழுமையாக துடிக்கும். மேல் நிலையில் “தலை-குரல்” பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கட்டத்தில் நாண்களிடையே இடைவெளி அதிகமாகவும், அவைகளின் உட்பகுதி மட்டும் துடித்தும் இருக்கும்.

ஒலி முழக்கம் (loudness)

ஒலி முழக்கம் குரல்-நாண்களிடையே புகும் காற்றின் அழுத்தத்தை சார்ந்துள்ளது.

ஒலியின் பண்பும் உயிரெழுத்துக்களும்

வெவ்வேறு மனிதர்களிடமிருந்து அல்லது கருவிகளிடமிருந்து வரும் ஒரே ச்ருதி (pitch) மற்றும் பிசு (tension) கொண்ட ஒலிகளில் காணப்படும் வேறுபாடு தான் பண்பு. ஒலிகளின் ச்ருதி குரல் நாண்களை பொருத்திருந்தபோதிலும் அவற்றின் பண்பு வாயிலுடைய அமைப்பையும் மூக்கினுடைய அமைப்பையும் பொருத்திருக்கிறது. தவிர குரல்நாண்களின் துடிப்பு இல்லாமலும் சப்தம் உண்டாகலாம். நாம் குசுகுசுவென்று பேசும்போது உதடுகளின் அசைவுகளைக் கொண்டு ஒலியை உண்டுபண்ணுகின்றோம். ஒருவர் பாடும்போது குரல் நாண்களிலிருந்து கிளம்பிய ஒலியை பரிவார ச்ருதிகள் சில தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களிலுள்ள காற்றில் உடனியக்கத்தை உண்டாக்குகிறது. தொண்டை, வாய், மூக்கு இவ்விடங்களிலுள்ள காற்றின் அளவு, நாம் அவற்றை வைத்துக்கொள்ளும் விதத்தைப் பொறுத்து இருப்பதனால் உடனியக்கம் ஒவ்வொரு அமைப்புக்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது.

எல்லா வாத்யங்களைக்காட்டிலும் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் உயர்ந்தது என கருதப்படுகிறது. ஏனெனில் மற்ற வாத்யங்களினால் செய்யமுடியாத உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் வெய்வதினால் மனிதனுடைய பேசும் அவயவம் உன்னதமானது. எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் உச்சரிக்கின்றான் என்றும் ஒரு உயிரெழுத்துச் சப்தத்திற்கும் மற்றொரு உயிரெழுத்துச் சப்தத்திற்கு முள்ள வித்தியாசம் என்னவென்றும் அவைகளின் பண்பு எவ்வாறென்றும் இம்மாதிரியான சர்ச்சைகள் ஹெல்ம்ஹோள்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானியால் செய்யப்பட்டிருக்கிறது.

எல்லாவிதமான ஒலிகளும் தனிப்பட்ட ஒலிகள் அல்லவென்றும் பரிவார ச்ருதிகளுடன் கலந்து வருகின்றனவென்றும் முன்பு பார்த்தோம். அது போலவே உயிரெழுத்துச் சப்தங்களை நாம் சொல்லும் போது அந்த ஒலிகளிலும் பரிவார ச்ருதிகள் அடங்கியிருக்கின்றன. இப்பொழுது “உ” என்று ஒரு ச்ருதியில் பாடுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அந்த ஒலியில் ‘fundamental’ என்று சொல்லப்படும் மூல-ச்ருதியைத் தவிர இரண்டு மடங்கு துடிப்பு உள்ள முதல் பரிவார ச்ருதியும் மூன்று மடங்கு துடிப்பு எண் உள்ள இரண்டாவது பரிவார ச்ருதியும் இவ்வாறு பல பரிவார ச்ருதிகளுடன் “உ” என்ற ஒலி வெளிவருகின்றது. அவ்வாறு ஏற்படும் ஒலியில் நம்முடைய வாயில் இருக்கும் காற்று எல்லா பரிவார ச்ருதிகளுக்கும் பலம் கொடுப்பதல்லாமல் சில பரிவார ச்ருதிகளுக்கு அதிகமான பலத்தைக் கொடுத்தனுப்புகின்றது. அதனால் தான் “உ” வென்று சொல்லும்போது

முடிவிதமாகவும், “ஓ” வென்று சொல்லும்போது மற்றொருவிதமாகவும் இம்மாதிரியாக வெவ்வேறு உயிரெழுத்துக்கள் சொல்லும் போது அதற்குத் தகுந்தாற்போல் வாயையும் நாம் வைத்துக் கொள்ளுகிறோம். ஹெல்ம்ஹோள்ட்ஸ், அவ்வாறு விதவிதமாக வாயை நாம் வைத்துக்கொள்ளும்பொழுது, வாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கைச் ச்ருதி என்னவென்பதை பல ஒலிச்சுவடுகளைக் கொண்டு ஒவ்வொன்றாகத் தட்டி, வாய்க்கு நேராக வைத்துக்கொள்ளுவதனால் கண்டுபிடித்தார். சில உயிரெழுத்து சப்தங்களை சொல்லும்பொழுது, அப்பொழுது வாயிலிருக்கும் காற்று ஒரு பரிவார ச்ருதியை மட்டும் அதிக பலத்துடன் அனுப்புவதாகவும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். தவிர எந்த ச்ருதியில் உயிரெழுத்துக்களை உச்சரித்தபோதிலும், வாயிலிருக்கும் காற்று அதிக பலப்படுத்தி அனுப்புகின்ற பரிவார ச்ருதியின் ச்ருதி மாறுபடுவதில்லையென்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார். ஆகையால் அதிக பலப்பட்டு வருகின்ற பரிவார ச்ருதியையே, அல்லது பரிவார ச்ருதிகளைக்கொண்டு எந்த உயிரெழுத்து என்று சொல்லிவிடலாம் என்று அபிப்பிராயப்படுகின்றார்.

அவர் கண்டுபிடித்த மேற்கூறிய விஷயங்களை மற்றொரு முறையில் சோதனை செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்திக்கொண்டார். மூலச்ருதிக்கு ஒரு ஒலிக்கவடும், அதன் துடிப்பு எண்ணைக்காட்டிலும் 2 மடங்கு 3 மடங்கு, இம்மாதிரி 8 மடங்கு வரையில் அதிகமாகவுள்ள ஒலிக்கவடுகளை (tuning forks) எடுத்துக்கொண்டும் அவையவைகளிற்கு எதிரில், அதற்குத் தகுந்தாற்போல் உடனிருக்கும் சாதனங்களைக் கொண்டும், எல்லா ஒலிக்கவடுகளையும் மின்சார சக்தியினால் துடிக்கச் செய்து உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக்கும்படிச் செய்தார். இதிலிருந்து அவர் முதலில் கண்டுபிடித்த விஷயங்களை நிரூபித்தார்.

குரல் பயிற்சி

இனி குரல் பயிற்சிக்கு வேண்டிய முக்கிய விஷயங்களைப் பார்ப்போம். ஒலி நாண்களை அசைக்கும் காற்று வெளியே வரும்பொழுது தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் தங்குதடையின்றி வரப் பழகுவதை ஒவ்வொரு பாடகரும் மேற்கொள்ளவேண்டும். நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றை வேண்டுகிற அளவுக்குத் தசைகளின் உதவியால் அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும். எனவே குரலைத் திருத்துவதற்கு முன் சுவாசத்திற்குண்டான தசைகளைச் சிறந்த முறையில் உபயோகிக்கப் பழகிக்கொள்ள வேண்டும்.

இதற்கு ஈரல்கள் கொள்ளும் அளவு காற்றை நிரப்பி அதை நிதானமாக வெளியே அனுப்பக் கற்றுக்கொள்ளவேண்டும்.

சுவாசப்பைகளைத் தாங்கி நிற்க உடலிலே உறுதியான தசை ஒன்று உண்டு. இதற்கு இடைப் பரப்பி (diaphragm) என்று பெயர். இதை ஈரல்-தாங்கி என்றும் கூறுவதும் உண்டு. நிதானமாக சுவாசத்தை வெளியனுப்ப இடைப்பரப்பியின் உதவியையும் விலா எலும்புகளை ஒன்றோடொன்று சேர்க்கும் தசைகளின் உதவியையும் பெற வேண்டும். சுவாசம் உட்கொள்ளும் நேரத்தைக் குறைத்து, வெளியிடும் நேரத்தை எவ்வளவு அதிகப்படுத்த முடியுமோ அதுவரையில் அதிகப்படுத்த பழகவேண்டும். மேலும் வாய், நாக்கு முதலியவற்றை நம்மிஷ்டப்படி அசைக்க அவற்றின் தசைகளைப் பழக்க வேண்டும். ஏனெனில் இவற்றின் தசைகள் காது நரம்புகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இதிலிருந்து கேள்வி ஞானத்தின் அவசியத்தை உணரலாம். செவிடர்களைப் பேசும்படிச் செய்து விடலாம். ஆனால் பாடும்படிச் செய்வது முடியாது. சிலர் பாடும்போது தொண்டையைவிட்டு ஒலி கிளம்புவதற்கு சிரமப்படுவதைப் போல தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம். இவர்கள் பாடும்போது தொண்டையைக் குறுக்கிச் சிரமப்படுத்திக்கொள்வதால் தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றில் சரியானபடி உடனியக்கம் உண்டாகாமல் போய்விடுவதே இதன் காரணமாகும்.

வாயை மூடிக்கொண்டு அகார சாதகம் செய்வதினால் இந்தக் குறையைப் போக்கிக் கொள்ளலாம். மேலும் முக்கியமாகக் குரல்நாண்களை அசையச் செய்யும் தசைகள், வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் இவை இரண்டும் ஒத்து இயங்கவேண்டும். இவ்வாறு இல்லாவிடில் ஏற்படும் கெடுதல்களைக் கவனிப்போம். வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால், குரல்வளைவாய் பெரிதாக இருந்து, காற்று, குரல் நாண்களை நன்றாக அசைக்கமுடியாமல் வெளியே வந்துவிடுகிறது. அதனால் சாரீரம் சன்னமாகவும், வன்மையற்றும் போய்விடுகிறது. மற்றும் குரல்நாண்களின் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால் குரல்வளைவாய் முன்னதாகவே குறுகிவிடுகிறது, எனவே அதிக வலிமையுடன் காற்றை வெளியே அனுப்பவேண்டியிருக்கிறது. இதன் விளைவாகத் தொண்டை சீக்கிரம் சோர்வு அடைந்துவிடுகிறது. பாடும்போது மார்பு, தலை, வாய், முதலிய இடங்களிலிருந்து ஒலி வெளிவருவது போல உணர்ச்சி ஏற்படுவதே நல்ல பயிற்சிக்கு அடையாளமாகும்.

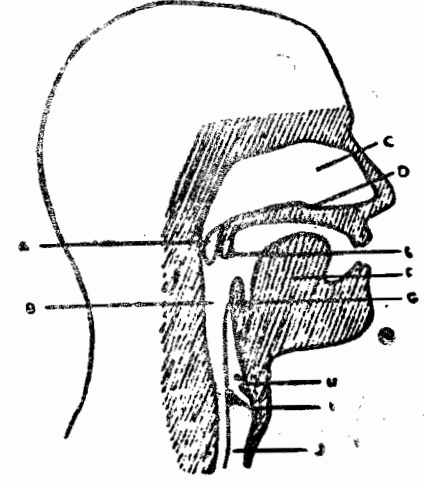
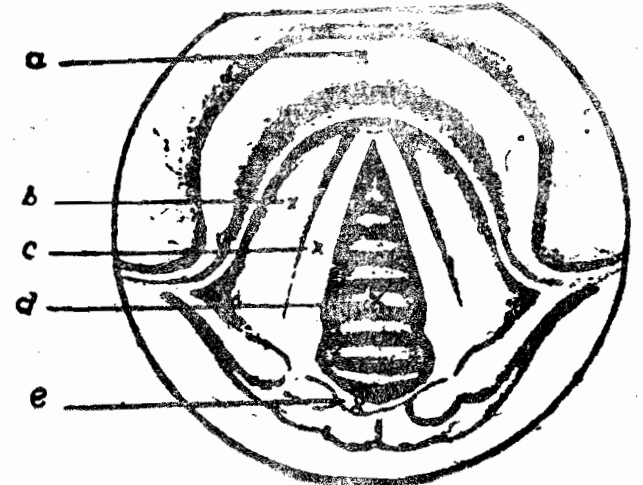
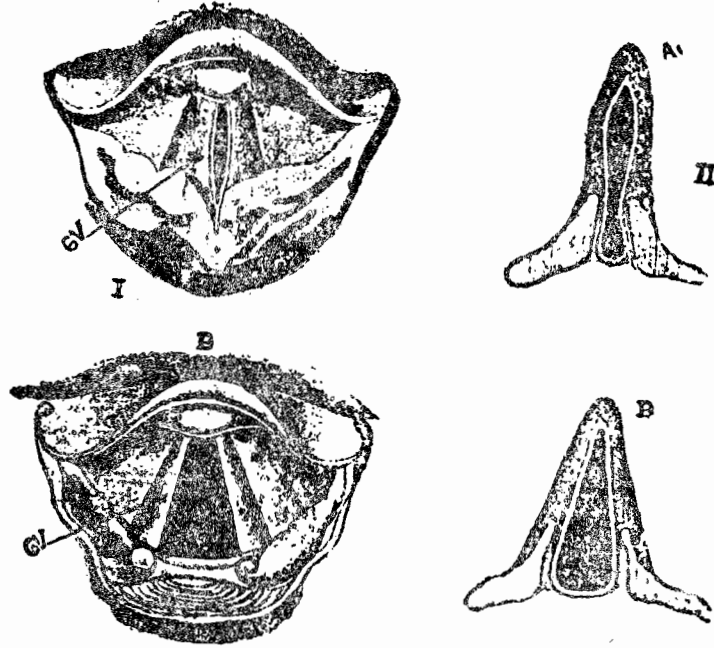


Diagram of vocal chords and associated cavities. A, soft palate; B, pharynx; C, nasal cavity; D, hard palate; E, uvula; F, tongue; G, epiglottis; H, false vocal chords; I, vocal chords; J, wind-pipe



Larynx

- (a) Epiglottis (b) False vocal cords (c) True vocal cords
(d) Trachea (e) Anterior wall of the larynx



குரல் நாண்களின் தோற்றங்கள்

காது

செவிப்புலன் மனிதனது ஐம்புலன்களில் மிகவும் நுட்பமானது. எல்லா ஜீவராசிகளுக்கும் இப்புலன் வாழ்வுக்கு இன்றியமையாததாக இருக்கின்றது. இதைப் புறச்செவி, நடுச்செவி, உட்செவி என்று மூன்று பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல் பாகத்தில் செவிப்புலன் (pinna) செவிக்குழல் (auditory canal) சவ்வுத்தோல் (drum skin) அடங்கியுள்ளன.

செவிப்புலன்

செவிப்புலன் மனிதர்களுக்கும் மிருகங்களுக்குமே உள்ளது. பறவை இனங்களுக்குக் கிடையாது. ஒலி வரும் திசை நோக்கிச் செவிப்புலன்களைத் திருப்பி, ஒலியைக் கேட்க மிருகங்களுக்கு முடிவிறது. ஆனால் மனிதர்கள் அவர்களின் செவிப்புலன்களை அவ்வாறு அசைக்கமுடியாது.

செவிக்குழலின் பக்கங்களில் குரும்பை என்று சொல்லப்படும் ஒருவித மெழுகு இருக்கிறது. இதனால் ஏறம்பு முதலிய சிறு பூச்சிகள் சுலபமாக உட்செல்ல முடியாது. செவிக்குழலின் கடைசியில் சவ்வுத் தோல் அமைந்திருக்கிறது.

நடுச் செவி

நடுச் செவியில் ஆஸிகிள்ஸ் (ossicles) என்ற மூன்று எலும்பு களாலாகியத் தொடர் ஒன்றோடொன்று மிகவும் நுட்பமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இத்தொடரின் ஒரு முனை சவ்வுத் தோலுடனும் மற்றொரு முனை உட்காதுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இம்மூன்று எலும்புகளுக்கும் தனி பெயர்களும் உண்டு. அவற்றின் உருவத்துக்கு ஏற்றபடி சுத்தி (hammer), பட்டரை (anvil), அங்கவடி (stirrup) என்று கூறப்படுகின்றன.

உட்செவி

உட்செவி சற்றுச் சிக்கலான அமைப்பு. இதில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன :

- (அ) காதுமையப்புழை (vestibule)
- (ஆ) அரைவட்ட கால்வாய்கள் (semi-circular canals)
- (இ) சுருள்வளை (cochlea)

1. காத மையப்புழை

இது உட்செவியின் மையப்பகுதி. இதில் உள்ள நீள்உருண்டை சன்னலில் (oval-window) ஸ்டிரப் (stirrup) என்னும் மூன்றாம் எலும்புத் தொடர் வந்து சேருகிறது.

2. அரைவட்ட கால்வாய்கள்

மூன்று அரைவட்ட கால்வாய்கள் உள்ளன. இவைகளின் பயன் ஒலி கேட்பதற்கு இல்லாவிடினும் இவைகள் உடலை சமநிலைக்கு கொண்டுவருகின்றன. இவைகளின் மூலம் தான் நம்மால் நேராக நிற்க முடிகிறது.

3. சுருள்வளை

இது செவியின் கடைசி மற்றும் மிக அடிப்படையான பகுதி. இது உட்செவியின் முக்கிய பாகம், அதாவது நத்தை ஓட்டை ஒத்திருக்கும். சுருள்வளை (cochlea) எனப்படும் பகுதி. இச்சுருளையின் நீளம் 3.1 சென்டிமீட்டர் இருக்கும். இதன் உட்புறம் பேஸிலார் மெம்பிரேன் (basilar membrane) எனப்படும். அடிச் சவ்வினால் இரண்டு அறைகளாக பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதை கேள்வி நரம்புகள் (auditory nerves) மூளையுடன் இணைக்கின்றன.

பேஸிலார் அடி ஜவ்வுத்தோலில் ஆயிரக்கணக்கான சிறு நரம்புகள் (fibres) இருக்கின்றன; அவைகள் தான் நாம் கேட்கும் சப்தத்திற்குக் காரணமாக இருக்கின்றன. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்படுவதினால் மூளைக்குக் கேள்வி நரம்புகள் மூலமாக சப்தத்தின் உணர்ச்சி செல்லுகின்றது என்று கருதப்படுகிறது. அதாவது ஒரு சப்தம் வரும்பொழுது அதற்குண்டான அலைகள் சவ்வு தோலில் மோதி அதிர்ச்சி காக்லியாவில் பரவுகின்றது. அப்பொழுது அந்த அதிர்ச்சிக்குக் காரணமாயுள்ள துடிப்பு எண்ணிற்குத் தகுந்தாற்போல் அடிச்சவ்வில் உள்ள நரம்புகள் உடனியக்கம் செய்து அதனால் கேள்வி நரம்புகளின் மூலமாக மூளைக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. கேட்கும் சப்தத்தின் சுருதிக்குத் தகுந்தாற்போல் பேஸிலார் ஜவ்வு தோலின் உடனியங்கும் பகுதி அமைகிறது என்று தெரிய வந்தது. இந்த விஷயம் சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் பரீகைஷ செய்து ஊர்ஜிதப் படுத்தப்பட்டது. சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் ஓயாமல் ஒரு சுருதியில் இரைச்சலான சப்தத்தை விழும்படி செய்து கொஞ்சம் நேரம் கழித்து அதன் காதை அறுத்து அதன் அடிச்

சவ்வுப் பரீகைஷ செய்து பார்த்தபொழுது அதில் ஒரு பாகம் அறுந்து போயிருந்தது. அறுந்துபோன பாகம் வெளியே ஏற்படும் சப்தத்தின் சுருதிக்கு தக்கவாறு அமைந்திருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

சுமார் 24,000 நரம்புகள் பேஸிலார் ஜவ்வு தோலிலிருப்பதாக கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்பட்டு நாம் கேட்கும் சப்தங்களின் சுருதிக்கு உயர்ந்த எல்லையும் தாழ்ந்த எல்லையும் இருக்கவேண்டுமென்று அறியலாம். சோதனை செய்து பார்த்ததிலிருந்து கேழே சுமார் 18-க்குக் குறைவாக துடிப்பு உண்டானால் சப்தம் கேட்காதென்றும் மேலே சுமார் 20,000-க்கு அதிகமாக துடிப்பு ஏற்பட்டால் சப்தம் கேட்காதென்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. உயர்ந்த சுருதிகளே கேட்கும் சக்தி, வயதைப் பொறுத்திருக்கிறது. முதுமை வரவர உயர்ந்த சுருதிகளைக் கேட்க முடிவதில்லை. சங்கீத சம்பந்தமாக 4,000-க்கு மேல் சுருதியுள்ள ஒலிகள் உபயோகப்படுத்தப்படுவதில்லை. நாம் சாதாரணமாக 11 ஸ்தாயி வரையில் சப்தம் கேட்கக்கூடுமென்று கருதப்படுகின்றது.

செவியின் வழிமுறை

காதில் புகும் ஒலி செவியின் நுழைவழியில் காற்றழுத்தத்தில் மாறுதல்கள் செய்கின்றது. இதனால் சவ்வுத்தோல் அதிர்வு அடைகின்றது. இந்த துடிப்பு மூன்று எலும்பு தொடர்மூலம் நீள்உருண்டை சன்னலை அடைகின்றது. இவ்வெலும்புகள் இலேசான காற்று ரூபத்திலுள்ள துடிப்பை ஒரு கனத்த திராவக ரூபமாக மாற்றுகிறது. இச்செயலினால் சன்னலில் அழுத்தம் அதிகரிக்கப்படுகிறது.

ஒலிவரும் திசையும் செவியும்

ஒரு செவியினால் மட்டும் ஒலி வரும் திசையைப்பற்றி கூறமுடிந்தாலும், இரு செவிகளினால் இதையே இன்னும் திடமாக கூறமுடியும். கண்களால் ஒரு பொருள் இருக்கும் திசை மட்டுமின்றி தூரத்தைக் கூட கூறமுடியும்.

செவியினால் ஒலி வரும் திசையை அவ்வொலியின் முழக்கத்தின் அளவால் கண்டுகொள்ள முடிகின்றது. உயர்நிலைச் சுருதி கொண்ட ஒலிகள் இரு செவிகளையும் வந்தடையும் பொழுது, ஒரு செவிக்கும் மற்றொன்றிற்கும் ஒலி முழக்கத்தில் வித்தியாசம் இருக்கும். ஏனென்றால் ஒலி பிறக்கும்புறத்திலிருந்து ஒரு செவி மற்றொன்றைவிட சற்று

தொலைவில் இருக்கின்றது. இரு செவிக்கும் இடையில் தலை ஒரு திரையாக உள்ளது. கீழ்நிலை ச்ருதி கொண்ட ஒலிகள் இரு செவிகளை வந்தடையும்பொழுது அவைகளிடையே படிநிலை வேறுபாடு (phase difference) காணப்படுகிறது. இதனால் செவிகளால் ஒலியின் திசையை அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது.

இசையுணர்வும் செவியும்

1. பத்து அல்லது பதினோரு ஸ்தாயி பரப்புள்ள ஸ்வரங்களை செவியினால் உணர முடிகிறது.

2. இப்பரப்பில் நடுநிலையில் வரும் ஸ்வரங்களை செவியினால் நுட்பமாக விலக்கி அறிய முடிகிறது. மிகவும் உயர்ந்த மற்றும் மிகவும் தாழ்ந்த நிலையில் உள்ள ஸ்வரங்களை நுட்பமாக வேறுபடுத்துவது சிறிது கடினம்.

3. கிட்டத்தட்ட ஒரே துடிப்பெண் கொண்டுள்ள ஸ்வரங்கள் இசைக்கப்படும் பொழுது விம்மல்கள் (beats) கேட்கின்றன. துடிப்பு எண்களின் இடைவெளி அதிகரிக்க விம்மல்கள் கேட்பது நின்றுவிடும்.

4. இரண்டு அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கும் போது அவைகளை வேறுபடுத்திச் சொல்லமுடியும். அதே போல் ஒரே ஒலியிலுள்ள பரிவார ச்ருதிகளையும் கூறமுடியும்.

ச்ருதியும் உணர்வுத்திறனும்

ஒரே முழக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு ஒலியின் துடிப்பு எண்ணை 10 சுற்று ப்ரதி நொடி தொடங்கி 15-க்கு ஏத்தினால் ஒரு தாழ்வு நிலையில் உள்ள ஒலி கேட்கும். இவ்வாறு ஏத்திக் கொண்டே போனால் கீச்சென்று ஒரு ஒலி கேட்கும். இதற்கு மேல் ஒலி கேட்பது நின்றுவிடும், அதாவது ஒலியின் எல்லை 18 சு.ரி.நொ-விருந்து 40000 சு.பி.நொ.-வரை அதாவது 10 ஸ்தாயி.

இவ்வெல்லை மனிதனின் வயதுக்கு தக்கபடி மாறும். சிறு வயதில் உள்ளவர்களே 25000-க்கு மேல் கேட்கமுடியும்.

ஸ்வர இடைவெளியும் உணர்வுத்திறனும்

ஒலியின் ச்ருதியில் மிகச்சிறு மாறுதல்களையும் உணரத்திறன் கொண்டுள்ளது நம் செவி. 500—4000 சு.பி.நொ. மத்தியில் உள்ள

ஸ்வரங்களில், மற்றும் 40-80 போன் (phone) முழக்கத்திலும், ஒரு செவி ஒரு ஸெமிடோனில் (semi-tone - ஸ-வுக்கும் சுத்த-ரி-யுக்கும் உள்ள இடைவெளி) முப்பதில் ஒரு பகுதி இடைவெளியை வேறுபடுத்தி உணர முடியும்.

முழக்கமும் உணர்வுத்திறனும்

ஒரு குறிப்பிட்ட முழக்க அளவிற்கு கீழ் உள்ள ஒலியை செவியால் உணர முடியாது. இந்த அளவு ஒலியின் ச்ருதியை சார்ந்திருக்கிறது. 1000 சு.பி.நொ. கொண்ட ஒரு ஒலி 0.0000000000000001 வாட்ஸ் பிரதி சதுரஸென்டிமீட்டர் (watts per sq.cm.) முழக்கம் மட்டும் கொண்டிருந்தால் செவியால் உணரமுடியும். 3500 சு.பி.நொ. கொண்ட ஒலி செவி உணர்வுக்கு ஏற்றது.

ஒலி பண்பும் உணர்வுத்திறனும்

ஒரு ஒலியின் பண்பு (timbre) அதிலுள்ள பரிவார ச்ருதிகளை அவைகளின் முழக்கத்தை பொருத்து இருக்கிறது. இதை நம் செவியால் பகுத்து ஆராய்ந்து உணர முடியும்.

செவியால் இயக்கப்பட்ட பரிவார ச்ருதிகள்

செவியின் பகுதிகள் சமசீர் அற்று இருப்பதால் அதில் புகுபுகு ஒலிக்கு பரிவார ச்ருதிகளை செவியே உண்டாக்கிக்கொள்ளும். "f" என்ற துடிப்பெண் கொண்ட ஒரு ஒலி செவிக்கு வந்தடைந்தால் செவி அதில் 2f, 3f, 4f போன்ற ஹார்மோனிக்ஸ் துடிப்பெண்களை உண்டாக்கும்.

Books Referred

1. The Physics of Music - by Alexander Wood. University Paper back published by Methuen & Co. London.
2. The Physics of Music - by R. K. Vishwanathan published by, The Annamalai University, Annamalai Nagar.

இசை ஒலியும் அதன் அம்சங்களும்

முன்னுரை

ஒலி-இயல் என்பது இயற்பியலின் (physics) ஒரு கிளை. அது ஒலியின் பிறப்பையும் இயல்பையும் பற்றிய ஓர் ஆய்வு. ஒலியினால் கிடைக்கப்பெறும் உருவமைப்பையும் அதன் அழகையும் பற்றியது இசை. ஆனால் ஒலி-இயல், ஒலியின் படைப்பு, அதன் பரவும் விதம், மற்றும் உணர்தல் பற்றியது.

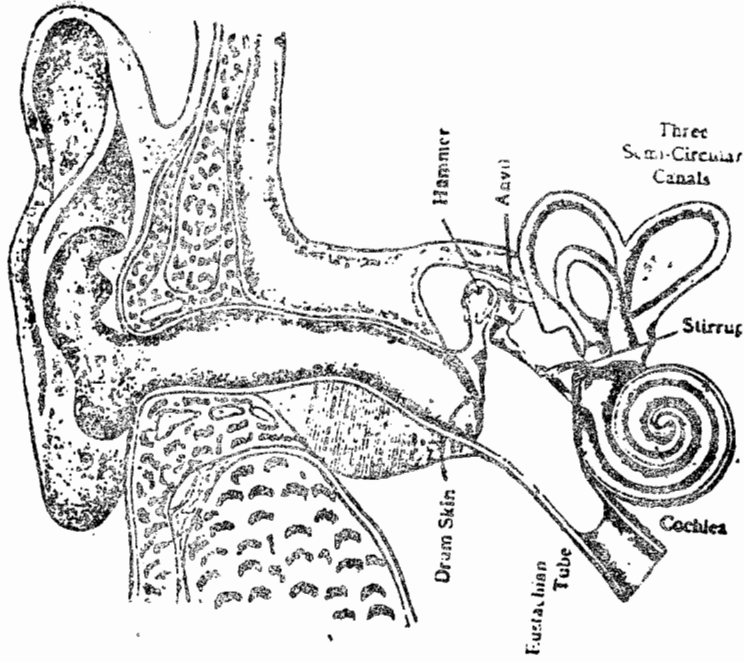
ஒலியானது ஒருவித அசைவால் உண்டாகிறது. இவ்வசைவை சில நேரம் கண்களால் பார்க்கமுடியும். உதாரணமாக - தம்பூரா அல்லது வீணையின் தந்தி மீட்டப்படும்போது, அது ஒரு ஒலியை உண்டாக்குகிறது. அதே சமயத்தில் தந்தி ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்றொரு பக்கம் அசைகிறது. தந்தியை விரலால் தொட்டால் அசைவு நின்றுவிடும், அதோடு ஒலியும் நின்றுவிடும். அதாவது ஒலியானது ஒரு பொருளின் அசைவால் உண்டாகிறது. துளைக்கருவிகளிலே ஒரு குழாயில் காற்று அசைவதால், தோல்கருவிகளிலே தோல் அசைவதால் ஒலி உண்டாகும்.

இசை ஒலியும் (musical sound) ஒசையும் (noise)

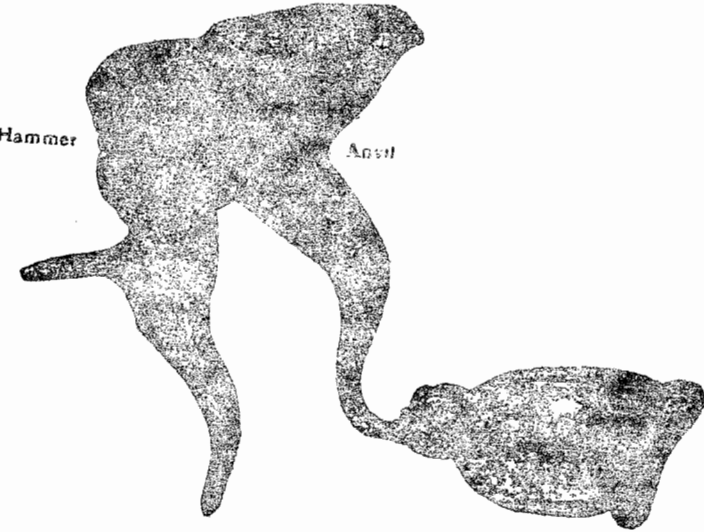
எல்லா ஒலிகளும் ஒரே தன்மையுடையவை அல்ல. நான் காணும் முதல் வித்தியாசம் ஒரு இசை பற்றான ஒலியும் இனிமையற்ற ஒசையும். இசை பற்றான ஒலியில் கிரமமான ஒழுங்குமுறையில் துடிப்பு இருக்கும். ஒரு பலூன் வெடித்தாலோ, ஒருவர் அழுதாலோ உண்டாகும் ஒலி இனிமையற்ற ஒசை.

ஒலியின் படைப்பும் பரவும் விதமும்

ஒலியானது அசைவால் உண்டாகிறது என்று மேலே பார்த்தோம். வீணை அல்லது தம்பூராவின் தந்தியை மீட்டினால் அதன் அசைவினால் ஒலி உண்டாகிறது. அது ஒலிக்கும்போது அவ்வசை அடுத்துள்ள காற்றின் பகுதியை முன்னுக்கும் பின்னுக்குமாக அசைக்



காதல் உருவம் EAR



ஒலியின் உருவம் எல்லாம் ஒலிப்புத் தொடர்

Stirrup

கிறது. ஒலியின் அதிர்வினால் இயக்கப்பட்ட காற்றின் ஒரு வரிசை தனக்கு அடுத்துள்ள காற்று வரிசையை அசைக்கிறது. அவ்வரிசை அடுத்த வரிசை காற்றை, இப்படியாக காற்று அனைத்தும் இயக்கப்பட்டு செவிக்குள் புகுந்து சவ்வுத்தோலை தள்ளி அதிர்வு ஏற்படுத்துகிறது. சவ்வுத்தோலின் அசைவு மூளைக்கு ஒலியாக பரவுகிறது.

இதில் நாம் காண்பது என்னவென்றால் காற்றின் பாளங்கள் நகர்ந்து போவதில்லை; அவை அந்த இடத்திலேயே முன்னும் பின்னுமாக அசைகிறது. அதாவது காற்றில் அடர்த்தியாகவும் தளர்ந்தும் இருக்கும். காற்றின் அடர்த்தியும் தளர்த்தியும் ஒலி அலை என்று அழைக்கப்படுகிறது. காற்றில் ஒரு கிளர்ச்சியே ஏற்படுகிறது, அது ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு இடம்பெயர்வதில்லை; அது பாதையில் ஏற்படும் ஒரு நிலைமை. இதை நிரூபிக்க கீழ்க்கண்ட சோதனை உதவும்.

சோதனை

காற்று மற்றும் தண்ணீர், இவ்விரண்டுமே ஒலியை பரப்புவதில் ஒரே தன்மையை பெற்றிருப்பதால் ஒரு கல்லை அமைதியாக இருக்கும் தண்ணீரில் போட்டால் வட்டவட்டமாக அலைகள் பரவுவதை நாம் பார்க்கிறோம். இவ்வட்ட அலைகள் கல் விழுந்த மையப்பகுதியிலிருந்து வெளிப்புறம் நோக்கி பரவும். இதில் சின்ன-சின்ன காகிதங்களை மிதக்க வைத்தால் அவை மேலும் கீழுமாக மிதக்குமேயன்றி வெளிப்புறம் நோக்கி நகராது. கல் விழுந்த இடத்தில் அலைகள் வலிமையுடனும், வெளிப்புறம் போகப்போக, வலிமையிழந்தும் இருக்கும்.

ஒலியினால் காற்றில் அதிர்வு ஏற்படும் போது கூட இதே நிலைமை உண்டாகிறது. அதாவது காற்றின் துகள் மேலும் கீழும் மிதக்கும். அதில் ஏற்படும் அதிர்ச்சியே பரவும், துகள் அல்ல.

குறுக்கு மற்றும் நெட்டலை பாப்புதல்

அலைகள் இரண்டு விதம்:

(1) குறுக்கலைகள்.

(2) நெட்டலைகள்.

குறுக்கலைகள்

துகள்கள் எத்திசையில் அசைகின்றனவோ அதற்குச் செங்குத்தாக ஒலி பரவுவது குறுக்கலை என்று அழைக்கப்படும். ஒரு இழுத்துக் கூட்டப்பட்ட நரம்பு துடிக்கும்போது உண்டாவது குறுக்கு-அலைகள்.

குறுக்கு-அலை பரவுவதில் ஒலி அலையின் திசையும் துகள்கள் அசையும் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்.

ஒரு ஒலி கவட்டை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பளவு கொண்ட அதிர்வு-எண்கள் படைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. U - வடிவு கொண்ட இதற்கு கீழே பிடித்துக்கொள்ள ஒரு தண்டு போன்றது நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். இதன் வளைவான இரு கோல்கள் தட்டினால் துடிக்கும்.

கோல்கள் துடிக்கும்போது காற்றுத் துகள்கள் அசைந்து அலை வடிவை பெறும். கோல்கள் துடிப்பு தொடர்ந்தால் துகள்களும் தொடர்ந்து அசையும். துகள்கள் அசையும் திசை கோல்கள் துடிக்கும் திசைக்கு செங்குத்தாக இருக்கும்.

நெட்டலை

துகள் அசையும் திசையிலேயே ஒலி பரவுவது நெட்டலை எனப்படும்.

குறுக்கலையில், அதிர்வின் மிகவும் உயர்ந்த நிலை “முகடு” (crest) என்றும் தாழ்ந்த நிலை “அகடு” (trough) என்றும் சொல்லப்படும்.

சாதனம்

ஒலி பரவுவதற்கு சாதனம் தேவை. காற்றுகூட இல்லாத ஒரு வெற்றிடத்தில் ஒலி பரவமுடியாது. இதை ஒரு பரிசோதனை மூலம் நிரூபிக்கலாம்.

மணி வடிவத்தில் உள்ள ஒரு ஜாடியை வாயுவாங்கியின் தகட்டின் மேல் வைத்துக்கொண்டு அதற்குள் மின்சார சக்தியினால் அடிக்கும் மணியைத் தொங்கவிட்டு மணி அடிக்குமாறு செய்யவேண்டும். கண்ணாடி பாத்திரத்தில் உள்ள காற்றை சாதனமாகக் கொண்டு ஒலி

பரவி நம்மை வந்தடையும். இப்பொழுது வாயுவாங்கியைக் கொண்டு வாயுவைக் கண்ணாடி பாத்திரத்திலிருந்து வெளியேற்றி விட்டால் வரவர சப்தம் குறைந்து, பிறகு எல்லாக் காற்றையும் வெளியேற்றி விட்டால் சப்தம் முழுவதும் மறைந்துவிடும். இதிலிருந்து ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு செல்ல காற்று சாதனமாக இருக்கிறது என்று அறியலாம்.

காற்றைப்போல கன பதார்த்தங்களும், திரவ பதார்த்தங்களும் ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு பரவுவதற்கு சாதனங்களாக இருக்கின்றன. ஒரு நீளக்கழியை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் அடிப்பாகத்தை ஒருவர் காதில் வைத்துக்கொண்டு மற்றொருவர் நுனிப்பாகத்தைச் சுரண்டினால், அதனால் உண்டாகும் ஒலியை அடிப்பாகத்தைக் காதில் வைத்துக் கொண்டிருப்பவர் கேட்கிறார்.

ஜலத்தில் இருவர் மூழ்கிக்கொண்டு ஒருவர் இரண்டு கற்களை மோதினால் அதனால் உண்டாகும் ஒலியை மற்றொருவர் கேட்கலாம். இவைகளால் ஒலி பதார்த்தங்களின் மூலமாகப் பரவி நம்மை அடைகிறது என்பதை தெரிந்து கொள்கிறோம்.

ஒலியின் லக்ஷணங்கள்

ஒலிக்கு மூன்று அம்சங்கள் உள்ளன :

1. ச்ருதி (pitch)
2. அழுத்தம் அல்லது கனம் (intensity)
3. தன்மை (timbre)

ச்ருதி

இசை-ஒலிகள் ச்ருதிக்கு தக்கவாறு ஒரு க்ரமத்தில் அமைந்து கொள்கின்றன. இசையின் ஏற்றமும் இறக்கமும் ஒலியின் ச்ருதி மாறுதலை பொருத்து உள்ளது. ஒரு ஸ்வரத்தின் உயர்ந்த அல்லது தாழ்ந்த நிலையையே ச்ருதி குறிக்கிறது. ச்ருதி என்பது துடிப்பு என் அல்லது அதிர்வு-எண்ணை சார்ந்து உள்ளது. ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் அதிர்வுகளே அதிர்வு-எண். அதிர்வு-எண் அதிகரித்தால் ச்ருதியும் உயரும், குறைந்தால் ச்ருதியும் குறையும்.

அதிர்வு-எண் என்பது ஒரு இயல்பான (physical) அளவு; ச்ருதி (pitch) என்பது மனித உணர்வைப் பொறுத்தது.

இரு ஸ்வரங்களிடையே அதிர்வு எண்கள் 2 : 1 என்ற தொடர்பு இருந்தால், முதல் ஸ்வரம் இரண்டாவதின் தாரஸ்தாயி ஸ்வரமாக இருக்கும். இதை த்விருணத்வம் என்பர். அதாவது உதாரணத்திற்கு மத்ய-ஸ்தாயி அந்தரகாந்தாரம் 300 அதிர்வு-எண் கொண்டதாக இருந்தால் தாரஸ்தாயி அந்தரகாந்தாரம் 600 துடிப்பு. பிரதி. நொடி. கொண்டதாக இருக்கும்.

ஒரு ஸ்வரம் மற்றொரு ஸ்வரத்தின் பஞ்சமம், மத்யமம் போன்று இருந்தால் அதன் ச்ருதி தொடர்புள்ளதாக (relative) கூறப்படும். அதன் துடிப்பு-எண் அல்லது அதிர்வு-எண் கூறப்பட்டால் அந்த ச்ருதி முழுமையான அதாவது தொடர்பற்ற, அளவு கொண்டதாக இருக்கும். ஒரு ஸ்வரத்தின் ச்ருதி (pitch) அளவு துடிப்புகள். பிரதி. நொடி. என்று விவரிக்கப்படலாம் அல்லது மற்றொரு ஸ்வரத்துடன் தொடர்புள்ளதாக விவரிக்கப்படலாம்.

இத்தருணத்தில் “துடிப்பு” (vibration) மற்றும் “அதிர்வு எண்” என்ற சொற்களை விளக்குவது அவசியம்.

அதிர்வுறு (Vibration) :

ஒருமுறை இடத்திலிருந்து அசைந்து போய் திரும்பி வருவது துடிப்பு அல்லது அதிர்வுறு.



Fig. 1

படம்-1 ல் ஒரு வஸ்து “A” விவரிந்து “B” ஸ்தானத்திற்கு போய் மறுபடி “A” விற்கு திரும்புவது ஒரு முழு துடிப்பு என்று கூறப்படும். இதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படும் நேரம் அந்த வஸ்து வின் துடிப்பு-காலம் என்று கூறப்படும்.

அதிர்வு-எண் (Frequency) :

துடிக்கும் வஸ்துவினால் ஒரு நொடியில் செய்யப்படும் துடிப்புகள் அதிர்வு-எண் என்றழைக்கப்படும். ஒரு வஸ்துவின் அதிர்வு-எண் 256 ஹெர்ட்ஸ் என்றால் அது ஒரு நொடியில் 256 துடிப்புகள் செய்யும். அதிர்வு-எண்ணை குறிப்பிட “ஹெர்ட்ஸ்” (hertz) என்ற அளவுநிலை (unit) பயன்படுத்தப்படுகிறது. 1 ஹெர்ட்ஸ் = 1 ஆவர்த்தம் அல்லது துடிப்பு. பிரதி. நொடி.

அழுத்தம் (Intensity)

ஒரு தம்பூராவின் தந்தியை முதலில் லேசாக மீட்டவும். பிறகு தந்தியை அதன் ஓய்வு நிலையிலிருந்து நன்றாக இழுத்து பலத்துடன் மீட்டினால் இரண்டு ஒலிகளுக்குமிடையே, ச்ருதி ஒன்றாகவே இருந்தாலும், வித்தியாசம் நன்றாக கேட்கும். இரண்டாவது ஒலியின் அழுத்தம் அதிகம் இருப்பதை காண்கிறோம். ஒரு ஒலியின் அழுத்தம் துடிக்கும் வஸ்துவின் வீச்சை (amplitude) பொருத்து உள்ளது.

வீச்சு அதிகமாக இருந்தால் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்.

வீச்சு மாற்றத்திற்கு மிசை பெருக்கு (square) அளவு அழுத்தம் மாறும். அதாவது, வீச்சு மூன்று மடங்கு அதிகரித்தால், ஒலியின் அழுத்தம் ஒன்பது மடங்கு அதிகரிக்கும். நமது வீடுகளில் ரேடியோவில் ஒலியை பெருக்க “வால்யூம் கண்ட்ரோல்” - ஐ திருப்புவதால் அலைகளின் வீச்சு அதிகரிக்கப்படுகிறது.

அழுத்தத்தை கணக்கிட “டெஸிபெல்” என்ற அளவுநிலை பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு சராசரி மனிதனின் காதுகளால் உணரமுடிகின்ற, அழுத்தத்தின் மிகக் குறைந்த மாறுதலின் அளவு “ஒரு டெஸிபெல்”.

அழுத்தம் என்பது, தந்தி அமைதி நிலையிலிருந்து அசையும் அளவை பொருத்து உள்ளது. மேலும் அது சாதனத்தின் செறிமான அளவு (density) மற்றும் ஒலி செய்யும் வஸ்துவிற்கும் கேட்பவர்க்கும் உள்ள தூரத்தை சார்ந்து உள்ளது.

செறிமான அளவு அதிகமாக இருந்தால் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்.

(அ) ஒரு கரியமில வாயு carbon-di-oxide) உள்ள அறையில் மின்சாரமணியின் ஓசை அதிகமாக கேட்கும், ஏனென்றால் சாதாரண காற்றின் செறிமான அளவு கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் அளவை விட குறைந்ததாகும்.

(ஆ) காற்றில் ஈரப்பதம் அதிகமாக இருக்கும்போது ஓசை அதிகமாக இருக்கும். அதனால்தான் குளிக்காலத்தில் மிகத் தொலைவில் ஏற்படும் ஓசைகூட துல்லியமாக கேட்கும்.

காற்றின் போக்கு மற்றும் மற்ற ஒலி இயக்கும் வஸ்துகள் இருத்தல் அழுத்தத்தை பாதிக்கும்.

பிராமா அரங்குகளில் காலியான பூத்தொட்டிகள் தலைகீழாக வைத்தால் அவை ஒலியை பெருக்கும். வெவ்வேறு அளவுகளில் தொட்டிகள் இருந்தால் ஒலி மேலும் அதிகரிக்கும்.

ச்ருதிக்கும் அதிர்வெண்ணுக்கும் வித்தியாசம் இருப்பதுபோல் அழுத்தத்திற்கும் (Intensity) முழக்கத்திற்கும் (loudness) சிறு வித்தியாசம் உள்ளது. அழுத்தம் என்பது ஒலி அலைகளின் வலிமையை குறிக்கின்றது. முழக்கம் என்பது அழுத்தமான ஒலிக்கு ஒரு தனிப்பட்ட (subjective) எதிருணர்ச்சி (response).

மேலே கூறிய வீச்சு என்பதின் விளக்கத்தை பார்ப்போம்.

வீச்சு (Amplitude) :

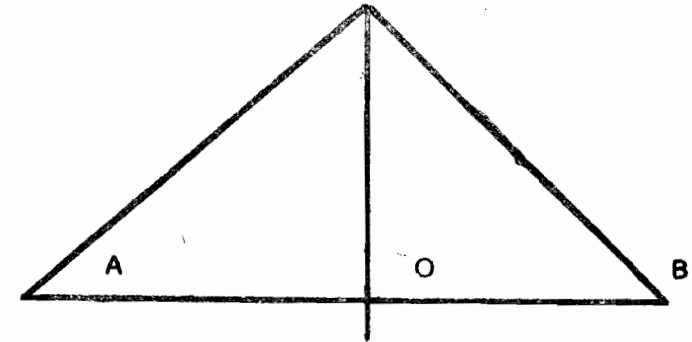


Fig. 2

ஒரு துகள் தன்னுடைய சம அல்லது ஓய்வு நிலையிலிருந்து, அதிர்வின் காரணமாக, எவ்வளவு தூரம் இருபக்கமும் (OA மற்றும் OB) விலகுகின்றதோ அது வீச்சு என்று கூறப்படுகிறது. (படம் 2 பார்க்கவும்).

குறிப்பு :

1. காற்றின் எதிர்ப்பினால் அதிர்வின் வீச்சு குறையும்.
2. காற்று நீக்கப்பட்ட ஒரு பாத்திரத்தினுள் அதிர்வின் வீச்சு மாறாமல் இருக்கும்.

தன்மை அல்லது குணம்

ஸ்வரங்கள் தன்மையின் காரணமாகவும் வேறுபடலாம். ஒருவரின் குரல் மற்றவருடைய குரலிலிருந்து வேறுபடுவதும், ஒரு இசைக் கருவியின் ஒலி மற்றவொரு இசைக்கருவியிலிருந்து வேறுபடுவதும், தன்மையின் காரணமாகத்தான்.

ஒலிகள் ஒரே ச்ருதியும் ஒரே முழக்கமும் கொண்டிருந்தாலும் அவை வீணையிலிருந்து வெளிவந்தவை, புல்லாங்குழலிலிருந்து வெளிவந்தவை என்றும் வேறுபடுத்திக் கூறலாம். ஒரு இசைக்கருவியின் உருபுகள் இருவகையான செய்கைகள் புரிகின்றன. சில ஒலி உண்டாக்குவதில் பணி புரிகின்றன, மற்றவை அதிர்வுகளை வாங்கி அவைகளை பெருக்குகின்றன. இவ்விரு வகையான உருபுகளும் எவ்வாறு சேர்ந்து பணி புரிகின்றன என்பதில் ஒரு கருவியின் தன்மை அடங்கியிருக்கிறது. அதாவது ஒலி ஏற்படும் முறை, அதன் மூலப்பொருள்கள் மற்றும் அமைப்பை பொருத்து இருக்கிறது. ஒலியின் தன்மை மனிதனின் குரல் லாரின்க்ஸ் (larynx)ன் அளவையும் வலிமையும் மற்றும் குரல்நாண்களின் நீளத்தையும் சார்ந்து இருக்கிறது.

ஒரு ஸ்வரத்தின் தன்மை அடிப்படை (fundamental) ஒலியுடன் கூடிய பரிவார சுருதிகளையும் (overtones), அவைகளின் தொடர்பு அதிர்வு எண்களையும் (relative frequencies) தொடர்பு அழுத்தங்களையும் (relative intensities) சார்ந்து இருக்கிறது என்று ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானி விளக்கியுள்ளார். ஒரு ஒலி ஏற்படும் பொழுது அதில் அடிப்படை ஒலியும் (fundamental tone) மற்றும் உபரி சுருதிகள் அல்லது பரிவார சுருதிகள் (overtones or upper partials) இருக்கும். அடிப்படை ஒலியும் பரிவார சுருதிகளும் ஒரே மூலத்திலிருந்து தோன்றி, கலந்து ஒரு முழுமையான ஸ்வரத்தை உண்டாக்குகின்றன. பரிவார சுருதிகளின் அதிர்வு எண்கள் அடிப்படை ஒலியின் முழுமையான பெருக்கல் தொகையாக (integral multiple) இருந்தால் அவை ஹார்மோனிக்ஸ் (harmonics) என்று அழைக்கப்படும். பரிவார சுருதி

களின் எண்ணிக்கை, பண்பு மற்றும் அழுத்தம் — இவை மூன்றும் ஒலியின் தன்மையை நிர்ணயிக்கின்றன.

ஒரு ஒலியின் தன்மையை நிர்ணயிக்கும் மற்றொரு ஆக்கக்கூறும் உண்டு. இதை ஃபார்மென்ட் (formant) என்று கூறுவர். ஒரு கருவியை சார்ந்த அதிர்வுகளின் விரிவான மற்றும் இடையறாத ஒரு வரிப்பட்டை (band of frequencies) ஃபார்மென்ட் எனப்படும். பரிவார சுருதிகள் தனித்தனியாகவும் அடிப்படை ஒலியை சார்ந்ததாகவும் உள்ளன. மேலும் அடிப்படை ஒலி மாறினால் அவை மாறும். ஆனால் ஃபார்மென்ட் அடிப்படை அதிர்வு எண்களின் மாறுதலுக்கு உட்பட்டதல்ல. வயலின் போன்ற கருவிகளின் ஃபார்மென்ட் புல்லாங்குழல், வீணை போன்ற கருவிகளின் ஃபார்மென்ட் டைவிட வேறுபட்டிருக்கும். ஆனால் பல வீணை கருவிகளுள் அளவில் வேறுபட்ட வீணைகளின் ஃபார்மென்ட் வேறாக இருக்கின்றது.

ஒலியும் அதன் அம்சங்களைப்பற்றி அறிந்துகொள்ளும் தருணத்தில் சில கலைச்சொற்களைப்பற்றி தெரிந்துகொள்வது நன்மை.

அலையின் இயக்கம் (Wave-motion) :

வரிசையாக உள்ள துகள்களின் திரும்ப-திரும்ப இயங்குவதே அலை-இயக்கம் ஆகிறது. ஒரு துகளின் இயக்கம் அதற்கு அடுத்ததை இயக்குகிறது. இவ்வாறு அடர்த்தியாகவும் தளர்த்தியும் மாறிமாறி வருவது செவித்தோலை ஒலி அலையாக தொடுகிறது. இவ்வாறு ஒலி அலைகளின் தொடர் பரவுவது அலை தொடர் (wave train) என்றழைக்கப்படுகிறது. மேலும் முன் விவரித்த சோதனையின் மூலம் நாம் தெரிந்துகொண்டது என்னவென்றால் பரவுவது துகள்களில் ஏற்படும் கிளர்ச்சியேயன்றி துகள்கள் அல்ல.

அலை-நீளம் (Wave length) :

ஒலி உற்பத்தியாகும்பொழுது ஒரு தொடரான அடர்த்தியும் (compressions), தளர்த்தியும் (rarefactions) காற்றில் பரவி காதை வந்தடைகின்றன. தண்ணீரில் நாம் அலைகளை காணும் பொழுது அதில் ஏற்படும் முகடும் (crest) அகடும் (trough) ஒரு முழு அலையை உருவாக்குகின்றன. [படத்தை பார்க்கவும்]. எந்த இடத்தில் தண்ணீர் சமநிலையிலிருந்து உயர்த்தப்பட்டுள்ளதோ அது முகடு. அதேபோல் சமநிலையிலிருந்து சீழ் இறங்கியுள்ள இடம்

அகடு. கிளர்ச்சி ஏற்படும் இடத்தில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் ஒரு கட்டை அதே இடத்திலேயே இருக்கும். அது முகடு, அதனால் மேலும் கீழும் போகும் ஒழிய இடம் பெயர்ந்து நகராது. முகட்டின் ஒரு ஸ்தானத்திலிருந்து அடுத்த முகட்டில் அதே ஸ்தானத்திற்கு உள்ள நீளம் அலை நீளம் (wave length) அலை-நீளம் முகடு மட்டும் அன்றி அகட்டின் ஒரு ஸ்தானத்திலிருந்து அடுத்த அகட்டில் அதே ஸ்தானத்திற்கு உள்ள நீளத்தையும் குறிக்கும்.

தண்ணீர்போல் காற்றிலும் அலை-நீளம் இரண்டு முகட்டிற்கு அல்லது இரண்டு அகட்டிற்கு நடுவே உள்ள நீளத்தை குறிக்கின்றது.

அலை-வீச்சு (Wave-amplitude) :

அதிர்வு ஏற்படுகையில் தன்னுடைய ஓய்வு நிலையிலிருந்து துகள் அகலும் நீளத்தின் உச்சவரம்பு அலை-வீச்சு என்றழைக்கப்படுகிறது.

அலை-வேகம் (Wave velocity) :

காற்றில் ஏற்படும் அதிர்வு எந்த வேகத்தில் முன்னேறுகிறதோ அதற்கு அலைவேகம் என்று பெயர். வேகத்தின் அளவு வழியின் (medium) செறிமானத்தையும் நிலையையும் சார்ந்துள்ளது. வழியில் வேறு வலிமையுள்ள சக்திகளோ தடங்கல்களோ இருந்தால், வேகம் குறைந்தும் அலைகளுக்கு திறந்த மார்க்கம் இல்லாமலும் இருக்கும். வழி (medium) இலேசாக இருந்தால் வேகம் அதிகரிக்கும். செறிமானம் அதிகரித்தால் வேகம் குறையும். அதனால் ஒலியின் வேகம் வழியின் தன்மையை பொறுத்திருக்கிறது.

ஒலியின் வேகம் — ஒரு நொடியில் ஒலி பரவும் தூரம் ஒலியின் வேகம் என்று கூறப்படும்.

ஒலி-வேகம் (V) = அதிர்வு எண் (f) × அலை-நீளம் (l).

(Velocity = frequency × wave length).

அலை-ப்ரதிபலித்தல் (Reflection of waves) :

ஒலி ப்ரதிபலிப்பதால் எதிரொலிகள் உண்டாகின்றன. எந்த தளம்மேல் பட்டு ஒலி ப்ரபலனம் அடைகின்றதோ அந்த தளம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்திற்கு மேல் இருந்தால்தான் எதிரொலி கேட்கும். ப்ரதிபலனம் ஏற்படும் தளம் வளைவடிவம் பெற்றிருந்தால் ஒலி-அலைகள் ஒருமுகப்பட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை நோக்கி செல்லும்.

அலை-வக்கரிப்பு (Refraction of waves) :

நேர்கோட்டில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு ஒலியின் பாதை வளைவது வக்கரிப்பு என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்த வக்கரிப்பிற்கு காரணம் வழியில் செறிமனம் மற்றும் வேறு நிலைகள் மாறி ஒலியின் வேகம் மாறுவதே தட்பவெப்ப நிலை (temperature) மாறுவதும் ஒரு காரணம். வெப்பநிலை மாறுவதால் வழியின் செறிமானம் மாறுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரித்தால் செறிமானம் குறைந்து வேகம் அதிகரிக்கும். வெப்பநிலை குறைந்தால் செறிமானம் அதிகரித்து ஒலி-வேகம் குறையும். வெப்பநிலை மாறுதலால் அலை-வக்கரிப்பு உண்டாவது ஸர்வஸாதாரணம்.

காற்றினாலும் வக்கரிப்பு உண்டாகும். ஒலி பரவும் திசையிலேயே காற்று அடித்தால் ஒலி சுலபமாக பரவும். தரையிலிருந்து உயரப்போனால் ஒலி-வேகம் மாறும். உயரே போக காற்றின் அழுத்தம் குறையும், தடங்கல்களும் இருக்காது. இதனால் ஒலி-வக்கரிப்பு ஏற்படும்.

வெவ்வேறு வழியாக (medium) செல்லும் ஒலியின் அதிர்வு-எண் மாறாது. அதன் அலை-நீளம் மாறி அதனால் ஒலி-வேகம் மாறும்.

பாடம் எண் — 2b

அதிர்வு-எண்ணும் இடைவெளியும்

ஒரு ஸ்வரத்தின் இயற்பியல் சார்ந்த நிலை (physical state) அதன் அதிர்வு-எண் அல்லது துடிப்பு-எண் மூலம் விவரிக்கப்படுகின்றது. துடிப்பு-எண் என்பது ஒலி-ஏற்படுத்தும் வஸ்து ஒரு நொடியில் செய்யும் அதிர்வுகள்.

ஒரு ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் ஆனது அதை உண்டாக்கும் தந்தியின் நீளத்தை சார்ந்தும் கூறப்படுகிறது. அப்பொழுது ஆதார ஷட்ஜத்தின் அதிர்வு-எண் ஒன்று (1) என்று எடுத்துக்கொள்ளப்படும். இவ்வாறு கொடுக்கப்படும் அதிர்வு அல்லது துடிப்பு-எண் “தொடர் துடிப்பு-எண்” (Relative frequency) அல்லது “துடிப்பு-எண் விகிதம்” என்று அழைக்கப்படுகிறது. அதிர்வு அடையும் கம்பியின் நீளங்கள் இருப்பதனால், துடிப்பு-எண்கள் இவ்வாறு தொடர்பை பெற்றுள்ளன.

உதாரணமாக, தாரஸ்தாயி ஷட்ஜத்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளம், மத்ய-ஸ்தாயி ஷட்ஜத்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளத்தைவிட

பாதி. மத்ய ஸ்தாயி ஷட்ஜத்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளம் "1" என்று எடுத்துக்கொண்டால், அதன் துடிப்பு-எண் பொதுவாக,

$$1 \div L = 1 \div 1 = 1., \text{ என்று கூறலாம்.}$$

தாரஸ்தாயி-ஷட்ஜத்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளம் பாதியாக இருக்கிறது. அதாவது $1 \times 1/2 = 1/2$.

அதன் துடிப்பு-எண்,

$$1 \div 1/2 = 2.$$

அதனால் மத்யஸ்தாயி-ஷட்ஜத்தின் துடிப்பு-எண் 1 என்று எடுத்துக்கொண்டால், தாரஸ்தாயி-ஷட்ஜத்தின் துடிப்பு-எண் 2 ஆக இருக்கும்.

இதேபோல மற்ற ஸ்வரங்களை ஒலிக்கும்பொழுது தந்திகளின் நீளங்களின் விகிதத்தை அளவெடுத்தால் அவற்றின் துடிப்பு-எண்களை கணக்கிடலாம். இவற்றின் பட்டியல் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

எண்	ஸ்வரஸ்தானம்	துடிப்பு-எண் விகிதம்
1.	ஷட்ஜம்	1
2.	சுத்த-ரிஷபம்	16/15
3.	சதுச்சுருதி-ரிஷபம்	9/8
4.	ஸாதாரண-காந்தாரம்	6/5
5.	அந்தர-காந்தாரம்	5/4
6.	சுத்த-மத்யமம்	4/3
7.	ப்ரதி-மத்யமம்	64/54
8.	பஞ்சமம்	3/2
9.	சுத்த-தைவதம்	8/5
10.	சதுச் ச்ருதி-தைவதம்	27/16
11.	கைசிகி-நிஷாதம்	9/5
12.	காகலி-நிஷாதம்	15/8

இசை-இடைவெளி (Musical Interval) :

இரண்டு ஸ்வரங்களின் துடிப்பு-எண்களின் விகிதம் இசை-இடைவெளி எனப்படும். இந்த இடைவெளியின் அளவு ஒன்றுக்கு மேற்பட்டும் இரண்டிற்கு குறைவாகவும் இருக்கும். இடைவெளியானது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை, தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணால் வகுத்தால் கிடைக்கும்.

$$I (\text{இடைவெளி}) = F-H (\text{உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு எண்}) \div$$

$$F-L (\text{தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு எண்}).$$

உதாரணமாக, ஷட்ஜத்திற்கும் சதுச் ச்ருதி-ரிஷபத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி,

$$9/8 \div 1 = 9/8.$$

பஞ்சமத்திற்கும் - சுத்த மத்யமத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி,

$$3/2 \div 4/3 = 3/2 \times 3/4 = 9/8.$$

பஞ்சமத்திற்கும் (3/2), தாரஸ்தாயி ஷட்ஜத்திற்கும் (2) உள்ள இடைவெளி,

$$2 \div 3/2 = 2 \times 2/3 = 4/3.$$

குறிப்பு: இந்த கடைசி கணக்கில் இடைவெளியின் அளவு 4/3.

"4/3" என்பது மத்யஸ்தாயி சுத்த மத்யமத்தின் துடிப்பு-எண்ணும் ஆகும். அதனால் நாம் "4/3" என்னும் பின்ன-எண்ணை பார்த்தவுடன் அது சுத்தமத்யமத்தின் துடிப்பு-எண்ணின் அளவுதான் என்று அவசரப்படக்கூடாது. அது கீழ்க்கண்ட ஸ்வர இடைவெளிகளாகவும் இருக்கலாம்,

$$(அ) \text{ பஞ்சமம்} - \text{தாரஸ்தாயி-ஷட்ஜம்} (2 \div 3/2) = 4/3.$$

$$(ஆ) \text{ ஷட்ஜம்} - \text{மத்யமம்} (4/3 \div 1) = 4/3.$$

$$(இ) \text{ சதுச் ச்ருதி ரிஷபம்} - \text{பஞ்சமம்} (3/2 \div 9/8) = 4/3.$$

சில இடைவெளி அளவுகள், அவை விவரிக்கும் ஸ்வரங்களின் பெயராலேயே அழைக்கப்படுகின்றன.

$$2 = \text{ஸ்தாயி [ஷட்ஜம் — தாரஸ்தாயி ஷட்ஜம்]}$$

$$4/3 = \text{ஸ-ம [ஷட்ஜம் — பஞ்சமம்]}$$

$$3/2 = \text{ஸ-ப [ஷட்ஜம் — சுத்தமத்யம்]}$$

$$5/3 = \text{ஸ-க [ஷட்ஜம் — அந்தரகாந்தாரம்]}$$

$$9/8 = \text{சதுஸ்ருதி [ஷட்ஜம் — சதுஸ்ருதி ரிஷபம்]}$$

ஆனால் மேலே கூறியபடி இதே இடைவெளி - அளவுகள் வேறு சில ஸ்வரங்களிடையே நிலவும் இடைவெளிகளையும் குறிப்பிடலாம்.

மேலே கூறியுள்ள $I = F-H \div F-L$ என்பதை வைத்துக் கொண்டு தெரியாத ஏதாவது ஒரு அம்சத்தை கணக்கிடமுடியும். உதாரணத்திற்கு, தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் இதிர்வு-எண்ணும், இரண்டு ஸ்வரங்களின் இடைவெளியும் தெரிந்தால், உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை கண்டுபிடிக்க முடியும்.

$$FH = I \times FL$$

அதேபோல் உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணும் இடைவெளி அளவும் தெரிந்தால், தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை கண்டு பிடித்துவிட முடியும்.

$$FL = FH \div I.$$

இதை வைத்துக்கொண்டு மந்த்ரஸ்தாயி மற்றும் தாரஸ்தாயி களிலுள்ள ஸ்வரஸ்தானங்களின் துடிப்பெண்களை கண்டுபிடிக்கலாம். உதாரணமாக, மந்த்ர-ஸ வின் துடிப்பெண் $1/2$ என்பதை கீழ்க்கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$FH, \text{ மத்ய-ஸ வின், அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் } = 1.$$

$$I, \text{ இடைவெளி அதாவது ஸ்தாயி இடைவெளி } = 2.$$

$$FH, \text{ மத்ய-ஸ வின், அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின்}$$

$$\text{துடிப்பெண் } = 1.$$

$$I, \text{ இடைவெளி அதாவது ஸ்தாயி இடைவெளி } = 2.$$

$$FL, \text{ மந்த்ர-ஸ வின் அதாவது தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் } = 1 \div 2 = 1/2.$$

$$\text{அதேபோல், மந்த்ர-ப வின் துடிப்பெண் } =$$

$$3/2 \div 2 = 3/2 \times 1/2 = 3/4.$$

அதேபோல் தாரஸ்தாயி - அந்தரகாந்தாரத்தின் துடிப்பெண் $5/2$ என்பதை கீழ்க்கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$FL, \text{ அந்தரகாந்தாரத்தின் அதாவது தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் } = 5/4.$$

$$I, \text{ ஸ்தாயி இடைவெளி } = 2.$$

$$FH, \text{ தாரஸ்தாயி - அந்தரகாந்தாரத்தின் அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் } = 5/4 \times 2 = 5/2.$$

பாடல் எண் — 2c

1. இயற்கை மற்றும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகள்

(Free & Forced Vibrations)

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட ஒரு தந்தி, மீட்டியவுடன், துடிக்கத் தொடங்கும். மேலும் ஓய்வு அடையும் வரை துடித்துக் கொண்டே யிருக்கும். இத்தந்திக்கே இயற்கையான இந்த துடிப்பு இயற்கை துடிப்பு அல்லது இயற்கை அதிர்வு எனப்படும். துடிக்கும் காலமும் (period) இயற்கை காலம் அல்லது சுதந்திர காலம் (free period) எனப்படும். ஆனால் இதே தந்தி, வேறு துடிப்பு காலம் கொண்ட மற்றொரு தந்தியை துடிக்கத் தூண்டினால் அது தூண்டப்பட்ட (forced vibration) எனப்படும்.

ஒரு கம்பியை இரு கொக்கிகளிடையே இழுத்துக்கட்டி மீட்டுங்கள். அதே மாதிரியான இன்னொரு கம்பியை ஒரு தண்டி அல்லது ருடம் போன்ற ஒலி-பலகை மேல் இழுத்துக்கட்டுங்கள். இந்த

இரண்டாவது தந்தி ஏற்படுத்தும் ஒலி வலிமையாகவும் ரஞ்சகமாகவும் இருக்கும். ஏனென்றால் தந்தியின் துடிப்பு ஒலிப்பலகையில் துடிப்பு ஏற்படுத்துகிறது. ஒலிப்பலகையின் துடிப்பு தூண்டப்பட்ட துடிப்பு என்று கூறப்படும்.

2. உடனியக்கத் துடிப்பு அல்லது உடனியக்கம்

(Sympathetic Vibration or Resonance)

ஒரு வஸ்து, அதே துடிப்பு-எண் கொண்டுள்ள மற்றொரு வஸ்துவின் துடிப்பினால் இயக்கப்பட்டு துடிப்பது உடனியக்கத் துடிப்பு அல்லது உடனியக்கம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

பரிசோதனை (Experiment) :

இரண்டு தந்திகள் A மற்றும் B ஐ ஒரு ஸோனோமீட்டரில் கட்டுங்கள். குதிரை மூலம் அவைகளின் நீளத்தை சரிசெய்து இரண்டு தந்திகளிலிருந்து எழும்பும் ஒலி ஒன்றாக ஒலிக்கவேண்டும். ஒரு தந்தியின் மேல் ஒரு சிறு காகிதத்தை மடித்து வைத்துவிட்டு மற்ற தந்தியை மீட்டுங்கள். காகிதம் படபடக்கத் தொடங்கி பறந்து வெளியே விழக்கூடும். அதன் பின்பும் அந்த தந்தி அசைந்து கொண்டேயிருக்கும். அதாவது மீட்டிய தந்தியை நிறுத்தின பிறகு கூட மீட்டாத தந்தி அசைந்து கொண்டேயிருக்கும். ஆனால் அதன் முழக்கம் சற்று குறைவாக இருக்கும். அதிர்வு-எண் மட்டும் இரண்டிற்கும் ஒன்றுப் போலவே இருக்கும். முதல் தந்தியின் துடிப்பினால் தூண்டப்பட்ட இரண்டாவது தந்தியின் துடிப்பு உடனியக்கத்துடிப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

உடனியக்கத் துடிப்பு என்பது பக்கத்தில் இருக்கும் இரண்டு தந்திகளில், ஒன்று இன்னொன்றின் சுருதிக்கோ அல்லது அதன் பரிவார சுருதி ஒன்றிற்கோ சேர்க்கப்பட்டால், அப்பொழுது மற்ற தந்தி மீட்டப்பட்டால் முதல் தந்தியும் தானே அசையும். இதற்கு மிகவும் எளிதான உதாரணம் தம்பூரா. தம்பூராவில் ஸாரணியை மீட்டினால் அனுஸாரணி தந்தி தானே துடிக்கும்.

உடனியக்கத்துக்கும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுக்கும் வித்தியாசம்

1. உடனியக்கத்தில் ஒலிக்கும் இரண்டு வஸ்துக்களின் அதிர்வு-எண்கள் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் அவை வேறாக இருக்கவேண்டும்.

2. உடனியக்கத்தில் இரண்டாவது வஸ்துவின் அதிர்வு அதிகமாகவும், தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் குறைவாகவும் இருக்கும்.
3. உடனியக்கத்தில் இரண்டாவது வஸ்துவின் அதிர்வு சாதாரணமாக கண்ணிற்கு தென்படும். ஆனால் தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் அப்படி இல்லை.

3. விம்மல்கள் (Beats)

ஏறக்குறைய அதே அதிர்வு-எண் கொண்ட இரண்டு ஒலிகள் கேட்கும்போது, இரண்டு தனி ஒலிகளாக கேட்காமல், ஒரு ஒலி கேட்கும். ஆனால் அதன் முழக்கம் ஏறியும் இறங்கியும் இருக்கும். இதனை விம்மல்கள் (beats) என்பர். இவை ஒருவித விவாதி உணர்ச்சியை ஏற்படுத்தும். அதாவது இவ்விரு த்வணியினுடைய அதிர்வெண்களின் நடுவே ஒரு அதிர்வு-எண் கேட்கும். மேலும் அதன் முழக்கம் க்ரமமாக ஏறியும் இறங்கியும் இருக்கும் — இதே விம்மல்கள்.

ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்கள், அவ்விரு ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்களின் வித்தியாசம்.

அதிர்வு-எண்களின் வித்தியாசம் குறைவாக இருந்தால் விம்மல்கள் குறைந்து இருக்கும். வித்தியாசம் அதிகரித்தால் விம்மல்கள் விரைவாக இருக்கும். குறைவாக இருக்கும்போது விம்மல்கள் கேட்பதற்கு நாரசாரமாக இருக்காது. விரைவாக இருக்கும்போது கேட்பதற்கு இனிமையற்றதாக இருக்கும். மேலும் விரைவடையும் போது நாராசம் குறையத் தொடங்கும். ஏனென்றால் மற்றொரு ஒலி அடுத்த ஸ்வர-நிலைக்கு ஏறிவிடும்.

பரிசோதனை

ஸோனோமீட்டரில் இரு தந்திகளின் நீளத்தை குதிரையின் இடம் மாற்றுவதன் மூலம் சரிசெய்து இரண்டையும் ஒரே ச்ருதியில் ஒலிக்குமாறு செய்யவும். இப்பொழுது ஒரு தந்தியின் ச்ருதியை சிறிது மாற்றி இரண்டையும் மீண்டும் மீட்டுங்கள். கொஞ்சம் கொஞ்சமாக விம்மல்கள் கேட்கத்தொடங்கும். தந்தியின் பிகுவை அதிகமாக்குங்கள். இப்பொழுது விம்மல்கள் குறைவாக உள்ளனவா அல்லது விரைவாக உள்ளனவா என்று பாருங்கள். விரைவாக இருந்தால் ச்ருதி வித்தியாசம் அதிகமாகிக் கொண்டிருக்கிறது என்று அர்த்தம். இப்பொழுது தந்தியின் பிகுவை குறைத்து விம்மல்கள்

நீங்குமாறு செய்யுங்கள். விம்மல்கள் நீங்கிவிட்டால் இரு தந்திகளும் ஒரே ச்ருதியில் இருக்கின்றன என்று அர்த்தம்.

சோதனை : இரு அதிர்வு-எண்களுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் தான் ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை.

உதாரணமாக 240 மற்றும் 244 அதிர்வு-எண்கள் கொண்ட A மற்றும் B என்ற இரண்டு ஒலி கவட்டைகளை எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். அவைகளை ஒலிக்கச் செய்யுங்கள். 1/8 வது வினாடி கழிந்த பிறகு "A" 30 அதிர்வுகள் ஏற்படுத்தியிருக்கும். மற்றும் "B" 30.5 அதிர்வுகள் ஒலி அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும். 1/4 வது வினாடி கழிந்த பிறகு A 60 அதிர்வுகள் மற்றும் B 61 அதிர்வுகளும் முடித்திருக்கும். இப்பொழுது அழுத்தம் அதிகமான ஒலி கேட்கும்.

அதாவது 1/4 வினாடி முடியும் பொழுது ஒரு குறைவான-அழுத்தம் கொண்ட ஒலியும் ஒரு அதிக-அழுத்தம் கொண்ட ஒலியும் கேட்கும். ஒரு வினாடி முழுமையாக முடியும் பொழுது 4 அதிக-அழுத்தமும் 4 குறைவான அழுத்தமான ஒலிகளும் கேட்கும். ஒலி ஒரு வினாடியில் 4 முறை வளர்ந்தும் 4 முறை தேய்ந்தும் கேட்கும், அதாவது 4 விம்மல்கள் கேட்கும். இங்கே இரண்டு அதிர்வு-எண்களின் வித்தியாசம் $(244-240) = 4$; அதனால் ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை இரு அதிர்வு-எண்களின் வித்தியாசமே ஆகும். இரு ஒலிகளின் அதிர்வு-எண்கள் 240 மற்றும் 230 ஆக இருந்திருந்தாலும் நான்கு விம்மல்கள் கேட்கும்.

கலந்தொலிகள் (Combination Tones)

x மற்றும் y அதிர்வு-எண் கொண்ட இரண்டு ஒலிகள் எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். அவை இரண்டும் சேர்ந்து ஒலிக்கப்படும்பொழுது வேறு அதிர்வு-எண்கள் கொண்ட பல ஸ்வரங்கள் உண்டாவதை ஆய்வு மூலம் காணலாம். இவை கலந்தொலிகள் அல்லது சேர்க்கை-த்வனிகள் எனப்படும். அடிப்படை ஸ்வரத்துடன் உண்டாகும் பரிவார ச்ருதிகள் வேறு, இந்த சேர்க்கை த்வனிகள் வேறு. கலந்தொலிகள் இரு வகைப்படும்.

(1) கழித்தல் த்வனிகள் (Difference Tone)

(2) கூட்டல் த்வனிகள் (Summation Tone).

டார்டனி (Tartani) என்ற பிரபல வயலின் கலைஞர் இவ்வித த்வனிகளை அடையாளம் கண்டார். ஆதலால் இவை டார்டனி ஸ்வரம் என்று கூட அழைக்கப்படும். இத்த்வனிகளை பொது வாழ்க்கையிலும் காணலாம். உதாரணமாக, போலிஸ்காரனின் ஊதல். இந்த ஊதலில் வெவ்வேறு நீளம் கொண்ட இரு குழாய்கள் இருக்கும். ஆனால் ஊதும் துளை பொதுவாக இருக்கும். இதை ஊதும் பொழுது காற்று புகுந்து இரு தனித்தனி ச்ருதி கொண்ட ஒலிகளை உண்டு பண்ணும். அவை இரண்டும் சேர்ந்து அதிக முழக்கம் கொண்டு த்வனி கேட்கும்.

உதாரணமாக 550 மற்றும் 320 அதிர்வு-எண்கள் கொண்ட இரு ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கப்பட்டால், $870 (550 + 320)$ அதிர்வு-எண் கொண்ட ஒரு த்வனி மற்றும் $230 (550 - 320)$ அதிர்வு-எண் கொண்ட மற்றொரு த்வனியும் கேட்கும். கிடைக்கப்பெற்ற இரு த்வனிகள் முதலியவற்றின் சேர்க்கையினால் மேலும் சில சேர்க்கை த்வனிகள் கிடைக்கும். உதாரணம், $550 + 230$, $320 + 870$, $870 - 230$. அடிப்படை ஸ்வரத்தின் பரிவார ச்ருதிகளும் இவைகளுடன் சேர்ந்து மேலும் பல்வேறு த்வனிகளை உண்டாக்கும்.

கழித்தல் த்வனிகள் (Difference Tones) :

$(x-y)$ அல்லது $(y-2x)$ -லிருந்து வரும் ஸ்வரம் முதல் கழித்தல்-த்வனி எனப்படும். சேர்க்கை த்வனிகளில் இதுதான் வலிமை வாய்ந்தது. $(x-y)$ மற்றும் "y" சேர்ந்து ஒரு கழித்தல்-த்வனி $(x-2y)$ கொடுக்கும். இது இரண்டாவது கழித்தல்-த்வனி. இப்படியாக கணக்கில்லா கழித்தல்-த்வனிகள் கிடைக்கக்கூடும்.

உதாரணமாக,

$$(x-y) (x-2y) (x-3y) (x-4y) \dots\dots\dots$$

$$(y-x) (y-2x) \dots\dots\dots$$

அல்லது

கூட்டல் த்வனிகள் (Summation Tones)

இதேபோல் கூட்டல்-த்வனிகளும் கிடைக்கப்பெறும். அவைகளின் அதிர்வு-எண்கள் $(x + y) (x + 2y) \dots (y + 2x) \dots$ etc. கூட்டல்-த்வனிகளின் எண்ணிக்கையும் மிக அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் முதல் கழித்தல்-த்வனி தான் நன்றாக கேட்கும், ஆனால்

அடிப்படை இரு ஸ்வரங்களைவிட வலிமையற்றதாக இருக்கும். இரண்டாவது, மூன்றாவது கழித்தல்-த்வனிகள் மற்றும் ஏனைய கூட்டல்-த்வனிகள் குறைவான முழுக்கத்தை கொண்டதாக இருக்கும். அதனால் செவிக்கு கேட்காமல் கூட இருக்கலாம்

பாடம் எண் — 2d

பரிவார சுருதிகளும் ஹார்மோனிக்ஸும்
(Upper Partial and Harmonics)

ஒரு ஸ்வரம் எளிமையாக அணிகலன் இல்லாமல் இசைக்கப்படலாம் அல்லது அழகாக அந்த ராகத்திற்கு ஏற்ப கமகங்களுடன் கூடி இசைக்கப்படலாம். ஒரு துடிக்கும் தந்தியிலிருந்து எழும்பும் ஸ்வரத்தில் அடிப்படை ஒலிக்கும் மேல் வரிசையாக உயர்-சுருதி கொண்ட ஒலிகள் காண்கிறோம். அவை ஹார்மோனிக்ஸ் அல்லது பரிவார சுருதிகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் எல்லாவற்றையும் விட குறைந்த சுருதியுடைய அடிப்படை-த்வனிகள் அதிக முழுக்கத்துடன் இருக்கும்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட ஒரு தந்தியை நாம் மீட்டினால் அது முழு நீளத்துடன் துடிப்பதைத் தவிர பல கூறுகளாக அசைவதையும் காண்கிறோம். தந்தி 2 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பாகங்களாக பங்குபோட்டுக் கொண்டு அசையும். ஒரு பாகமும் மற்றதும் சேரும் இடம் முடி (node) யாக இருக்கும். இத்துடிப்புகள் எல்லாம் ஒரே அல்லது சம காலத்திலேயே இருக்கும். மேலும் இவைகளிலிருந்து எழும்பும் ஒலிகளும் கலந்து ஒன்றாக கேட்கும்.

தந்தியானது முழு நீளத்துடன் துடிக்கும்; அதற்கு மேல் 2, 3, 4, 5 முதலிய பாகங்களில் துடிக்கும். முழு நீளத் தந்தியின் துடிப்பால் எழும்பும் ஆதார ஷட்ஜம் மிகவும் அதிக முழுக்கத்துடன் கேட்கும், மற்றவை பரிவார சுருதிகள் அல்லது உபரி-த்வனிகள் எனப்படும். [படங்களை பார்க்கவும்]. 1 : 2 : 3 : 4 : 5 விகிதத்தில் இருக்கும் அடிப்படை சுருதியும் மற்றும் பரிவார சுருதிகளும் சேர்ந்து ஹார்மோனிக்ஸ் எனப்படும்.

உதாரணமாக,

- (1) முதல் உபரி-சுருதி, முதல் அதாவது அடிப்படை சுருதியான “ஸ”வின் துடிப்பை விட இருமடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட தாரஸ்தாயி “ஸ”.

- (2) இரண்டாவது உபரி-சுருதி, அடிப்படை “ஸ”வை விட மூன்று மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட தாரஸ்தாயி — பஞ்சமம்.
- (3) மூன்றாவது உபரி-சுருதி அடிப்படை “ஸ”வை விட நான்கு மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட அதி தாரஸ்தாயி-ஷட்ஜம்.
- (4) நான்காவது உபரி-சுருதி அடிப்படை “ஸ”வை விட ஐந்து மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட அதி தாரஸ்தாயி-காந்தாரம்.

இப்படியாக ஹார்மோனிக்ஸ் க்ரமத்தில் இருக்கும் சுருதிகளின் தொடர்பு துடிப்பு-எண்கள் 1 : 2 : 3 : 4 : 5 என்ற விகித க்ரமத்தில் இருக்கின்றன. இந்த விகித-க்ரமத்தில் அடங்காத உபரி-சுருதிகளும் இருக்கும். அவை உபரி-சுருதிகள் என்றே கூறப்படும், ஹார்மோனிக்ஸ் என்று அல்ல. உதாரணத்திற்கு, துடிக்கும் தந்தி 2½ பாகங்களில் துடித்தால் அது ஹார்மோனிக்ஸ் ஆகாது.

பண்டைய ஸம்ஸ்கிருத இசை-க்ரந்தங்களில் குறிப்பிட்டுள்ள “ஸ்வயம்பூ-ஸ்வரம்” என்பது ஹார்மோனிக்ஸ் தான்.

நன்றாக சுருதி கூட்டப்பட்ட ஒரு தம்பூராவை மீட்டினால், மந்த்ரஸ்தாயி-ஷட்ஜத்திற்கு சுருதி சேர்த்த நாலாவது தந்தியில் அந்தரகாந்தாரம் பரிவார சுருதியாக கேட்கும். இந்த அந்தரகாந்தாரம் தாரஸ்தாயியை சேர்ந்ததாக இருக்கும். இதை கீழ்க்கொடுக்கப்பட்டுள்ள கணக்கின் மூலம் புரிந்துகொள்ளலாம்.

$$\begin{aligned} \text{மந்த்ர-ஸ வின் அதிர்வு-எண்} &= \text{மத்ய-ஸ வின் அதிர்வு-எண்} \div 2 \\ &= 1 \div 2 = 1/2. \end{aligned}$$

இந்த தந்தியில் எழும்பும் ஹார்மோனிக்ஸ், 1 : 2 : 3 : 4 : 5 விகிதத்தின்படி,

$$\begin{aligned} \text{முதல் ஹார்மோனிக்} &= 1/2 \times 1 = 1/2 \text{ (மந்த்ர-ஸ)} \\ \text{இரண்டாவது ஹார்மோனிக்} &= 1/2 \times 2/1 = 1 \text{ (மத்ய-ஸ)} \end{aligned}$$

மூன்றாவது ஹார்மோனிக் = $1 \times 3/2 = 3/2$ (மத்ய-ப)

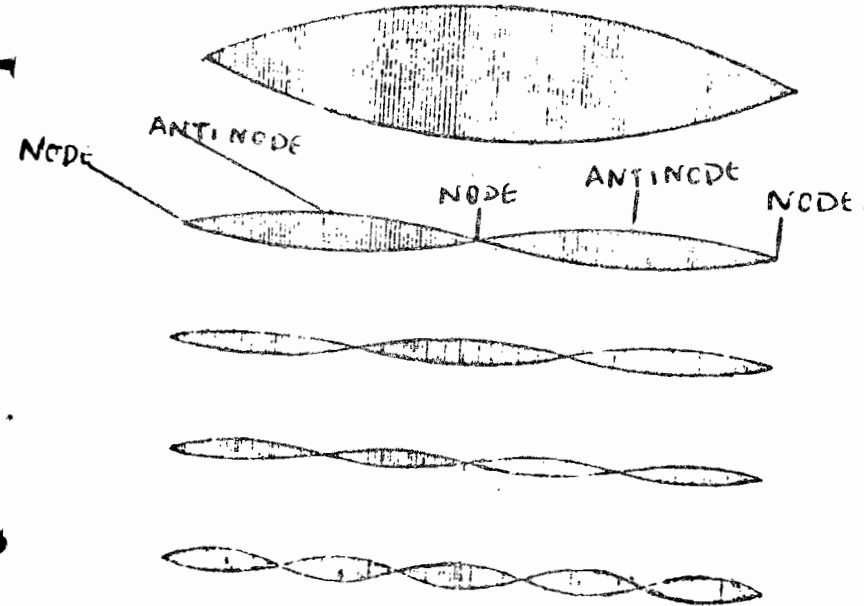
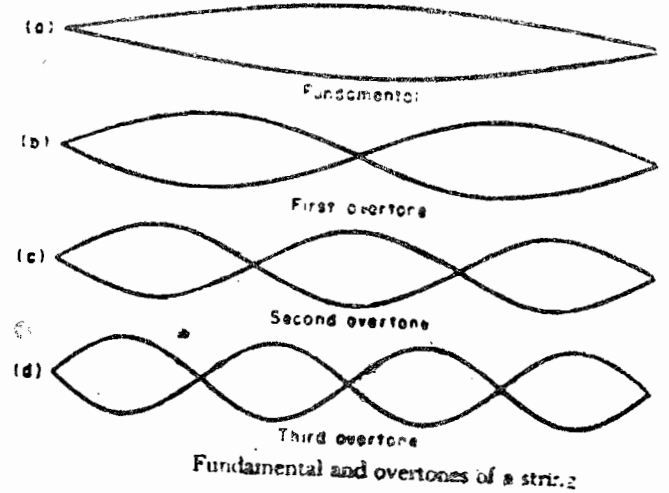
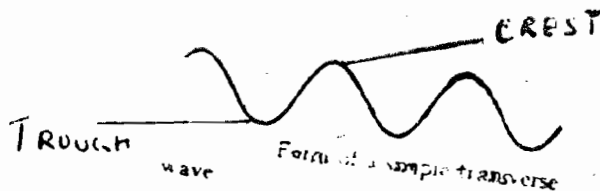
நான்காவது ஹார்மோனிக் = $3/2 \times 4/3 = 2$ (தார-ஸ)

ஐந்தாவது ஹார்மோனிக் = $2 \times 5/4 = 5/2$ (தாரஸ்தாயி-
அந்தரகாந்தாரம்)

ஒரு ஸ்வரத்தின் தன்மை அதில் உள்ள பரிவார ச்ருதிகளையும் அவைகளில் ச்ருதிகளின் வலிமையையும் சார்ந்து உள்ளது.

உதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co., Ltd., London, 1969.
2. "ஸங்கீத ஒலிநூல்" R. V. Viswanathan, Annamalai Nagar, 1953.
3. "The Music of India: A Scientific Study" by B. Chaitanya Deva, Munshiram Manoharlal Publishers Pvt., Ltd., 1981.
4. "Principles of Physics" by Earnest Greene, Prentice-Hall of India Private Ltd., New Delhi, 1969.
5. "Physics of Tampura: Some Investigations" — an article by Dr. H. V. Modak, Published in NCPA Journal of the Arts, Bombay, December 1992.



கம்பி அல்லது நூல் துடிக்கும்போது உண்டாகும் பல கண்டங்களை விளக்கும் படம்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட

நரம்புகளின் துடிப்பு

(Vibrations of Stretched Strings)

ஒலி எழுப்பாத ஒரு தந்தி ஓய்வு நிலையில் இருப்பதாக கூறப்படும். அத்தந்தியை ஒரு பக்கம் இழுத்து விட்டுவிட்டால் முன்னும்-பின்னும் ஒழுங்காக அசைந்து, பின்பு ஒலி ஓய்ந்துவிடும். இந்த முன்னும்-பின்னுமான அசைவு அதிர்வு அல்லது துடிப்பு (vibration) எனப்படும். A என்பது ஓய்வுநிலையாக இருந்து, இருபக்கமும் “B” என்ற நிலைகளுக்கு சென்று “A” நிலைக்கு வந்தடைந்தால் அது ஒரு முழு துடிப்பு எனப்படும்.

ஓய்வு நிலையிலிருந்து இருபக்கமும் அசையும் தூரம் “விச்சு” (amplitude) எனப்படும். ஒரு தந்தி அசையும் போது முன்னும் பின்னும் நகரும் நடுப்பகுதி “எதிர்முடி” (antinode) எனப்படும். தந்தியின் இரு முனைகள் கட்டப்பட்டிருக்கும் இடம் ஓய்வுநிலையில் இருக்கும். மற்றும் அது “முடி” எனப்படும். “முடிகள்” இருக்கும் இடத்தில் தந்தியின் அசைவு கிடையாது.

கம்பிகளின் அசைவை பொருத்த விதிகள்

(Laws of Vibrations of Strings)

ஒரு ஸோனோமீட்டரை (படம் பார்க்கவும்) வைத்து மெர்செனே (Mersenne) என்பவர் இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தந்திகளின் அசைவுகளை ஆய்வு செய்தார். ஸோனோமீட்டர் என்பது ஒரு காலிகட்டை பெட்டியின் மேல் கம்பியை ஒரு முனையில் கட்டி மற்றொரு முனையை ஒரு கடையின் வழியாக தொங்கவிடுவது. பிசுவாக தொங்குவதற்கு நுனியில் ஒரு பாரமான எடைக்கல் கட்டப்பட்டிருக்கும். பெட்டியின் மேல் இரண்டு கட்டையாலான குதிரைகள் இருக்கும். குதிரைகளை நகர்த்தி தந்தியின் நீளத்தை குறைக்கவோ நீட்டவோ முடியும். கட்டை பெட்டி அல்லது ஒலிப்பெட்டி எழும்பும் ஒலிக்கு ஒரு தன்மை அளிக்கிறது. தந்தியின் ச்ருதி மூன்று விதிகளின்

அடிப்படையில் மாறுகிறது என்பதை சோதனைகளின் மூலம் மெர்சென்னே கண்டுபிடித்தார்.

1. பிசுவை மாற்றாமல் வைக்கப்பட்ட ஒரு தந்தியின் அதிர்வு-எண் நீளத்திற்கு நேர்-மாறாக மாறுகிறது. அதாவது, நீளத்தை அதிகரித்தால் அதிர்வு-எண் குறையும்.

பரிசோதனை: ஸோனோமீட்டரில் இரண்டு குதிரைகளையும் 90 செ.மீ. தூரம் விலக்கி வைக்கவும். தந்தியை மீட்டி, எழும்பும் ஸ்வரத்தை கேட்கவும். குதிரைகளை கிட்டவைத்து தந்தியின் நீளத்தை பாதியாக்குங்கள். இப்பொழுது எழும்பும் ஸ்வரம் முன் கேட்ட ஸ்வரத்தின் தாரஸ்தாயி ஸ்வரமாக இருக்கும். படிப்படியாக தந்தியின் நீளத்தை $1/3$ -ஆக, $1/4$ -ஆக செய்தால் தாரஸ்தாயி-பஞ்சமும் அதிதாரஸ்தாயி-ஷட்ஜமும் கேட்கும்.

அதனால் தந்தியின் நீளத்தின் மாறுதலுக்கு நேர்மாறாக அதிர்வு-எண் மாறும். நீளம் அதிகரித்தால் அதிர்வு-எண் குறையும். நீளம் குறைந்தால் அதிர்வு-எண் அதிகரிக்கும்.

இதை வீணை, வயலின் போன்ற கருவிகளில் மாணவர்கள் காணலாம். வீணையின் முதல் மெட்டு மற்றும் அடுத்து வரும் மெட்டுகளில் விரலை வைத்தால் தந்தியின் நீளம் குறையும். அதனால் ச்ருதி கூடுவதை காண்கிறோம்.

அதேபோல் புல்லாங்குழல், நாகஸ்வரம் போன்ற கருவிகள் நீளமாக இருந்தால் கீழ் ச்ருதியையும், சிறியதாக இருந்தால் உயர் ச்ருதியையும் கொடுக்கும். தோல் கருவிகளிலே சிறிய முகம் கொண்டவை உயர் ச்ருதி கொண்டதாகவும் பெரிய வட்டமான முகம் கொண்டவை கீழ் ச்ருதி கொண்டதாகவும் இருக்கும்.

2. நீளம் மாறாமல் இருக்கும் ஒரு தந்தியின் பிசுவை ஏற்றி அல்லது இறக்கினால் அதிர்வு-எண்ணும் ஏறும் அல்லது இறங்கும். அதாவது அதிக பிசு, அதிக அதிர்வு-எண்.

பரிசோதனை: ஸோனோமீட்டரில் ஒரு வலுவுள்ள தந்தியை ஏற்றி அதன் குதிரைகளின் இடத்தை மாறாமல் வைத்திருங்கள். ஒரு ஒலிகவட்டையின் ச்ருதியுடன் அந்த தந்தியின் ச்ருதியை சேர்த்து, தந்தியின் முனையில் இருக்கும் தட்டில் உள்ள எடையை இரண்டு மடங்கு செய்யுங்கள். தந்தியின் ச்ருதி ஏறும், ஆனால் ஒலிகவட்டை

சீருதிக்கு தாரஸ்தாயி ஸ்வரம் வரை ஏறாது. தாரஸ்தாயி ஸ்வரம் ஆகும் வரை மேலும் எடையை அதிகமாக்குங்கள். இப்பொழுது தொடக்கத்தில் இருந்ததைவிட எடை நான்கு மடங்கு இருப்பதை நாம் பார்ப்போம்.

எடை ஒன்பது மடங்கு ஆனால் தாரஸ்தாயி-பஞ்சமம் கேட்கும், 16 மடங்கு ஆனால் அதிதாரஸ்தாயி-ஷட்ஜம் கேட்கும். ஆகையால் அதிர்வுஎண்கள் 1 : 2 : 3 : 4 என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும் போது, பிசுவானது 1 : 4 : 9 : 16 என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும்.

நரம்புக் கருவிகளில் பிரடைகளை திருப்பி பிசுவை அதிகரிக்கின்றோம். பிரடையை ஒரு பக்கம் திருப்பினால் தந்தி இறுக்கிக்கொள்ளும், மற்ற பக்கம் திருப்பினால் தந்தி தளர்ச்சியடையும்; அதாவது முறையாக சீருதி கூடும் அல்லது இறங்கும்.

காற்று வாத்தியங்களில், குழாயினுள் காற்றை ஊதும் அழுத் தத்தைப் பொறுத்து சீருதி அதிகரிக்கும். தோல் கருவிகளில் தோல் வரை இறுக்கியோ தளர்த்தியோ சீருதியை கூட்டி குறைக்கலாம்.

3. பிசுவும் நீளமும் மாறாமல் இருக்கும் ஒரு தந்தியில் அதிர்வு-எண் மொத்திற்கு (mass) நேர்மாறாக மாறும். தந்தியின் தடிமன் அதிகரித்தால் அதிர்வு-எண் குறையும், தடிமன் (thickness) குறைந்தால் அதிர்வு-எண் கூடும்.

ஒரே மூலப்பொருளாலான நான்கு தந்திகளை எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். ஆனால் அவைகளின் விட்டம் (diameter) 1 : 2 : 3 : 4 என்ற விகிதத்தில் இருக்கவேண்டும். ஒரு ஸோனாமீட்டரில் அவைகளை வரிசையாக வைத்து முனைகளில் சமமான எடைகளை கட்டி தொங்கவிடுங்கள். அவைகளை மீட்டினால் மெல்லியதிலிருந்து தடிமன் வரை இருக்கும் தந்திகள் க்ரமமாக 1 : 1/2 : 1/3 : 1/4 என்ற விகிதத்தில் அதிர்வு-எண்களை கொண்டிருக்கும். அதாவது தந்தி தடிமனாக இருந்தால் சீருதி குறைவாக இருக்கும்.

காற்று வாத்தியங்களில் புல்லாங்குழல் போன்றவைகளில் சுற்றளவு பெரிதாகவும், கட்டை தடிமனாகவும் இருந்தால் சீருதி குறைவாக இருக்கும். கட்டை மெல்லியதாகவும், சுற்றளவு சிறியதாகவும் இருந்தால் சீருதி உயர்ந்து இருக்கும்.

தோல் கருவிகளில் மெல்லிய தோல் உயர்ந்த சீருதியும், தடியான தோல் கீழ் சீருதியையும் கொடுக்கும்.

மேற்கூறிய விதிகளை கணிதவாயிலாகவும் கீழ்க்கண்டவாறும் விவரிக்கலாம்,

$$\text{அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண்} = n$$

$$\text{தந்தியின் அசையும் பகுதியின் நீளம்} = L$$

$$\text{தந்தியின் பிசு} = T$$

$$(T = mg, \quad m = \text{மொத்தம், } g = \text{ஆகர்ஷணசக்தி})$$

$$(T = mg, \quad m = \text{மொத்தம், } g = \text{ஆகர்ஷணசக்தி})$$

தந்தியின் கனம், தந்தியின் ஒற்றையெண் நீளத்தின் (unit length) மொத்தம் (mass) = M என்று இருந்தால்,

- (1) பிசு “T” மற்றும் கனம் “M” நிலையாக இருந்தால், அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் “n”, தந்தியின் நீளத்திற்கு தலைகீழ் விகிதாசாரம் (inverse proportion) கொண்டதாக இருக்கும்.

$$n \propto 1/L$$

அல்லது

$$nL = K \quad [K \text{ என்பது ஒரு நிலையான (constant) எண்}]$$

- (2) “L” மற்றும் “m” நிலையாக இருந்தால் “n” (அதிர்வு-எண்) ஆனது “T” பிசுவிற்கு தக்கவாறு மாறும்.

$$n \propto a\sqrt{T}$$

அல்லது

$$n^2 \propto T$$

அல்லது

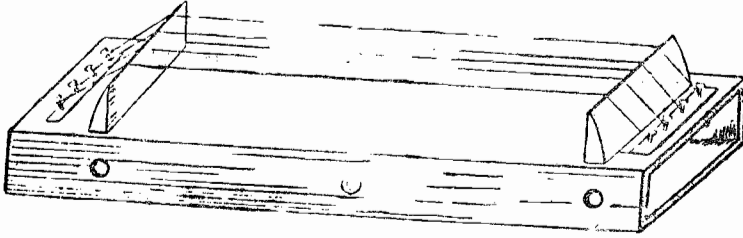
$$n^2/T = K \quad \text{நிலை எண்.}$$

- (3) “L” மற்றும் “T” நிலையாக இருந்தால், “n” ஆனது “M”-ற்கு தக்கவாறு மாறும்.

அதாவது $n \propto 1/\sqrt{M}$ அல்லது $n^2 M = \text{நிலை எண்}$.

தம்பூரா, வீணை மற்றும் வயலின் கருவிகளின்

அடிப்படை ஒலி-விஞ்ஞான தத்துவங்கள்



ஸோனாமீட்டர் என்னும் கருவி

பிரதான கச்சேரி இசைக்கருவிகளான தம்பூரா, வீணை மற்றும் வயலின் தந்தி வாத்தியங்கள் அல்லது இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தந்தி வாத்தியங்கள் என்று வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவைகளுடைய பொதுவான அம்சமானது தந்திகளின் அசைவினால் ஒலி ஏற்படுவது. தம்பூரா என்பது “ச்ருதி-வாத்யம்” அதாவது அதில் உள்ள நான்கு தந்திகளில் ஒவ்வொன்றும் எந்த ஸ்வரத்திற்கு ச்ருதி கூட்டப்பட்டிருக்கின்றனவோ அந்த ஸ்வரத்தையே மீண்டும் மீண்டும் ஒலித்துக் கொண்டிருக்கும். ஆனால் வீணை மற்றும் வயலினில் ஒவ்வொரு தந்தியும் பல ஸ்வரங்களை ஒலிக்கும். மேலும் ஸ்வரங்களின் கோர்வையாக சேர்ந்து இசை வடிவத்தை கொடுக்கின்றன. மேலும் அமைப்பு மற்றும் ஒலி-ஏற்படுத்தும் முறையின் அடிப்படையில் வயலினும் வீணையும் வேறுபடும். வீணையை மீட்டி வாசிக்க வேண்டும், வயலின் வில்லால். ஆகையால் இக்கருவிகளில் ஒவ்வொன்றிலும் ஒலி-உண்டாவதின் தத்துவத்தை மற்றும் ஒலியின் தன்மையின் தத்துவத்தையும் தெரிந்துகொள்வது அவசியம்.

தம்பூரா

1. தந்திகளும் அவைகளை ச்ருதி சேர்ப்பதும்: தம்பூராவில் நான்கு தந்திகள் இருக்கின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். அவைகளை கீழ்க்கண்ட ஸ்வரங்களுக்கு ச்ருதி சேர்க்கின்றோம்.

மந்திர-ப, மத்ய-ஸ, மத்ய-ஸ, மந்த்ர-ஸ

நான்கு தந்திகளின் அசையும் நீளம் ஒன்றாக இருக்கும். அவைகளின் “பிசு” ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். இல்லாவிட்டால் முழுக்கம் ஒரே சீராக இருக்காது. நீளமும், பிசுவும் ஒன்றாக இருப்பதால், தந்திகளை வெவ்வேறு ச்ருதிகளில் சேர்ப்பதற்கு அவைகளின் தடிமனும் உலோகப்பொருளும் வேறாக இருக்கவேண்டும். பெண்கள் குரலுக்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தம்பூராவின் (மத்ய-ஸ வின்) ச்ருதி 5 கட்டை அல்லது ‘G’ - ஆக இருக்கும். ஸாரணி மற்றும் அனு ஸாரணி (மத்ய-ஸ) தந்திகள் எஃகு தந்திகளாக இருக்கும். மற்றும் அவைகளின் அளவு எண் (gauge) “29” அல்லது “30”. மந்திர-பஞ்சமத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியின் கேஜ் - 27 ஆக இருக்கும். மந்திர-ஸ-விற்கான தந்தி எஃகு மேல் மெல்லிய செப்புத்தகடு சுற்றப்பட்டு இருக்கும். இப்படியாக தந்திகளில் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் ச்ருதி சேர்க்கும்போது தந்தி அசைவின் மூன்றாவது விதி அடிப்படையாக இருப்பதை காண்கிறோம்.

தந்தியின் ச்ருதியை மாற்ற பிரதையை திருப்புகின்றோம். இதனால் மாறுவது பிசு.

இதேபோல் மணிக்காயை முனைக்கு நகர்த்தும்போது, தந்தி தந்தி உயர்த்தப்பட்டு தந்திக்கும் பலகைக்கும் உள்ள இடைவெளி அதிகரிக்கப்படுகிறது. இதனால் ச்ருதி கூடுகிறது. மணிக்காய் குதிரை இருக்கும் திசையில் நகர்த்தப்படும்போது தந்திக்கும் பலகைக்கும் உள்ள இடைவெளி குறைந்து, பிசு குறைக்கப்படுவதால், ச்ருதி இறங்குகிறது.

2. தந்தி - குதிரை சந்திப்பு (String-bridge contact) தம்பூரா மேல் பலகை மீது வைக்கப்பட்ட குதிரை அகலமாகவும் வளைவாகவும் இருக்கும். குதிரை மேல் தந்திகள் இருக்கையாக (tangentially) செல்லும். வயலின், ஸாரங்கி, ஸரோத் போன்ற வாத்தியங்களில் குதிரை மேல் பகுதி அகலமாக இல்லாமலும் கூராகவும் இருக்கும்.

கூரான குதிரை கொண்டுள்ள தந்தி வாத்தியங்களில் யங்-ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் (Young - Helmholtz) விதிப்படி மீட்டப்படும் இடத்தில் முடி (node) கொண்டிருக்கும் பரிவார ச்ருதிகள் (Harmonics) காணப்படாது. அதாவது தந்தியை எந்த இடத்தில் மீட்டுகின்றோமோ அல்லது வில்போட்டு ஒலி எழுப்புகின்றோமோ அந்த இடத்

தில் முடி இருக்காது, அவ்விடத்தை முடியாக கொண்டு எழும்பும் ஹார்மோனிக்ஸ் உண்டாகாது. அதாவது அந்த இடம் எப்பொழுதும் அசைந்துகொண்டேயிருக்கும்.

தம்பூரா (மற்றும் வீணையில்) அகலமான குதிரை பயன்படுத்தப்படுவதால் இந்த விதி இயங்குவதில்லை. அதாவது, இக்கருவிகளில் மீட்டப்படும் இடத்தில் முடியைக்கொண்ட ஹார்மோனிக்ஸ் எழும்புவதை காண்கிறோம். பிரபல விஞ்ஞானமேதை ஸி. வி. ராமன் இதற்கு காரணம் தந்திக்கும் குதிரைக்கும் உள்ள சந்திப்பின் அமைப்பு என்று விளக்கியுள்ளார்.

வயலின் போன்ற, அதாவது கூரான குதிரை கொண்ட, கருவிகளில் தந்தி-குதிரை சந்திப்பு ஒரு புள்ளி-சந்திப்பு (point contact) என்று கூறப்படுகிறது. அதாவது, தந்தியானது குதிரையின் மேல் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் அமரும். அசையும்போது இந்த இடம் ஏறக்குறைய மாறாமலே இருக்கும். தம்பூரா (வீணை, விதார்) போன்ற கருவிகளில், குதிரையின் மேல்பாகம் சரிந்து இருப்பதால், தந்தி-குதிரை சேரும் இடம் விலகிக் கொண்டேயிருக்கும் ஒரு சந்திப்பாக இருக்கும்; ஒரு குறிப்பிட்ட (grazing contact) இடத்திலேயே நிலைத்து இருக்கும் சந்திப்பாக இருக்காது. இதன் காரணமாக தம்பூராவிலிருந்து பரிவார சருதிகள் செழிப்பாக கிளம்பும்; இது போன்ற பரிவார சருதிகள் மற்ற தந்தி கருவிகளில் கிடைக்கப்பெறா.

3. ஜீவாளியின் பங்கு : குதிரையின் மேல் ஒவ்வொரு தந்திக்கும் அடியில் ஒரு நூல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு ஜீவா என்று பெயர்.

ஜீவா இப்படி வைக்கப்பட்டிருக்கும் நிலையில், சாதாரணமாக தந்தி நூலின் கீழே (தண்டி நோக்கி) இருக்கும் குதிரைப் பகுதியை தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். சில சமயம் தந்தி அசையும் போது குதிரையை விட்டு விலகி, மறுபடி கீழே வரும்போது குதிரையின் மேல் பகுதியை தொடும். இப்படியாக தந்தி அசையும்போது சில சமயங்களில் எழும்பி மீண்டும் குதிரையை தொடும். மேலும் தந்தி உயர எழும்பும் போது முடிச்சு (node) நகர்ந்து ஜீவா இருக்கும் இடத்திற்கு விலகும். பிறகு கீழ் நோக்கி இறங்கும்போது முடிச்சு மீண்டும் தந்தி குதிரையை சந்திக்கும் இடத்திற்கு விலகும்.

தந்திக்கும் குதிரைக்கும் ஏற்படும் இம்மாதிரியான பிரிவும் சந்திப்பின் மூலம் தந்தியில் பரிவார சருதிகள் (harmonics) உண்டாக்குகின்றன. அதனால் தந்தி ஒரு விதமாக “ரீங்காரம்” செய்ய தொடங்குகிறது. தொடக்கத்தில் தந்தியின் “விச்சு” அதிகமாக இருக்கும் போது குதிரையை சேர்ந்து இருக்கும் சந்தர்ப்பமும், விலகும் சந்தர்ப்பமும் சமமாக இருக்கும். ஆனால் சீக்கிரமே, விச்சு குறைந்தபின், தந்தியும் குதிரையும் சேருவது 4 முறைக்கு ஒருமுறை, 3 முறைக்கு ஒருமுறை, 2, 1 என்று மாறும்.

அதாவது, துடிப்பு ஏற்படும் போது தந்தி ஜீவாவிற்கு முன்னேயே (தண்டி பக்கம்) குதிரையை தொடும், மேலும் ஜீவா இருக்கும் இடத்தில் தொடும், மேலும் ஜீவாவிற்கு மற்ற பக்கத்தில் (மணிக்காய் பக்கம்) குதிரையை தொடும்.

அதனால் ஜீவாவை தொட்டு தொட்டு விலகும்போது துடிப்பு அக்கினாற்போல் இருக்கும். மேலும் தந்தியின் நீளம், அதிகரிக்கும்படி குறைந்தும், மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். முடிச்சு ஜீவா இருக்கும் இடத்திற்கும், நிலையான இடத்திற்கும் மேலும் மணிக்காய் பக்கமும் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். இதனால் தந்தியிலிருந்து எழும்பும் ஒலியின் அதிர்வு-எண் குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு ஒருமுறை மாறும். மேலும் அசாதாரணமான எண்ணிக்கையுள்ள பரிவார சருதிகள் அடர்த்தியாகவும், திடீர்-திடீரென எழும்பும். தம்பூராவின் ஒலியை உற்றுக்கேட்டால், அதில் ஸ்வரங்கள் (முக்கியமாக ஹார்மோனிக்ஸ்) தொடர்ச்சியாக கேட்காமல், விட்டு-விட்டு கேட்பதை நாம் காணலாம்.

ஆகையால் தம்பூராவில் குதிரையின் மேல்பகுதியின் வளைவைத் தவிர தந்தியின் துடிப்பில் அடைப்புபோல் ஏற்படுவதையும் நாம் கவனிக்கவேண்டும். குதிரையின் வளைவினால் வீணையின் ஒலித் தன்மை விளக்கப்படலாம். ஆனால் தம்பூராவில் மற்ற காரணங்களும் உள்ளன. ஏனென்றால், ஜீவா இல்லாமலேயே குதிரை சரிவாக இருக்கின்றது. அதனால் தந்தியும் குதிரையும் உராய்வதுபோல் (grazing) சேரும். ஜீவா இருப்பதனால் வளைவு அதிகரிப்பது மட்டுமல்லாமல் வேறு ஒரு அம்சத்தையும் புகுத்துகிறது. அது தந்தியை குதிரையை விட்டு விலக வைக்கின்றது. அதனால் தந்தியின் துடிப்பு அடைப்பு போல் ஏற்படுகிறது. (படம் பார்க்கவும்).

மேற்கூறிய விவாதத்தினால் நாம் அறிந்துகொள்ளும் முக்கியமான விஷயம் என்னவென்றால் தந்தி குதிரையை தொடும் இடம்

மாறிக்கொண்டேயிருப்பதால் அடிப்படை ஆதார ஸ்வரத்திலும் அதன் பரிவார ச்ருதிகளிலும் 0.5 லிருந்து 1% வரை அதிர்வு-ஏண்ணில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது.

4. தந்திகள் அசையும் தளம்: தம்பூரா தந்தியும் ஒரு சாதாரண (ஸோனாமீட்டர்) தந்தியும் அசைவதில் வித்தியாசம் இருக்கின்றது. இவ்வித்தியாசம் தந்தி அசையும் வெவ்வேறு தளத்தை சார்ந்துள்ளது. பொதுவாக தந்திகள் செங்குத்தாக (vertical), கிடையாக (horizontal), கோணமாக (angular) அசையும். தம்பூராவில் செங்குத்து அசைவுக்கு சமமாக கிடைநிலையிலும், கோணமாக அசைவுகள் இருக்கும். ஆனால் ஒரு ஸாமான்யமான தந்தியின் அசைவுகளில் செங்குத்து அசைவு மற்றவற்றை விட அதிகமாக இருக்கும்.

5. குடத்தின் பங்கு: குடம் வெற்றிடமுள்ள (காற்றை மற்றும் கொண்ட) ஒரு வளைவுள்ள பாத்திரம். தந்திகளின் அசைவு குடத்திற்கு குதிரை வழியாக பரப்பப்படுகின்றன. குடத்திலும் அதனுள்ள உள்ள காற்றிலும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகள் ஏற்படுகின்றன. இதிலிருந்து காற்றை மட்டும் உள்ளடக்கிக் கொண்டிருக்கும் "தண்டி"க்கு பரவுகிறது. இவ்வாறு ஒரு பெரிய பரப்பளவுக்கு பரவிய தந்தி அதிர்வுகள் கருவியின் வெளியில் உள்ள காற்று மண்டலத்திற்கு பரவுகின்றன, அங்கிருந்து கேட்பவர்களின் செவிக்கு. இவ்வாறு தந்தியின் ஒலியின் முழக்கம் பெருக்கப்படுகின்றது.

தம்பூராவின் மேல் பலகையில், குதிரையின் இருபக்கமும் வட்ட வடிவத்தில் சிறுசிறு துளைகள் காணப்படும். குடத்துள் இருக்கும் காற்று வெளிக்காற்றுடன் தொடர்பு கொள்ள இவை உதவும்.

குடம் செய்ய எடுத்துக்கொள்ளப்படும் கட்டையும் குடத்தின் உருவமைப்பு அனைத்தும் ஒலிக்கு ஒரு நல்ல தன்மையை கொடுக்க உதவிபுரிகின்றன. குடம் சேர்க்கப்படாவிடின் தந்தியிலிருந்து எழும்பும் ஒலி "உலோகத்தன்மை" பெற்றிருக்கும்.

வீணை

வீணைக்கும் தம்பூராவிற்கும் பல பொதுவான அம்சங்கள் உள்ளன.

1. தந்திகளும் ச்ருதி சேர்க்கும் முறையும்: வீணையில் ஏழு தந்திகள் உள்ளன. நான்கு தந்திகள் இசைவடிவத்தை வாசிப்பதற்

பும், மூன்று பக்க தந்திகள் ஆதார ச்ருதிக்கும் தாளம் போடுவதற் பும் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

(அ) வீணையிலும் தம்பூராபோல் தந்திகள் வெவ்வேறு தடிமன் கேஜ் கொண்டவையாக இருக்கும்.

(ஆ) ச்ருதியில் சிறு மாறுதல்கள் செய்ய லங்கர் மேல் நகரும் சுற்றப்பட்ட கம்பி உதவும். இக்கம்பி குதிரையிலிருந்து விலகியிருக்கும்படி நகர்த்தினால் லங்கரின் இரு உலோகக் கம்பிகள் ஒன்றுக்கொன்று அழுத்தப்பட்டு பிசுவை அதிகரிக்கின்றது. இதனால் ச்ருதி கூடும் (விதி-எண் 2). ச்ருதி கூட்டும் தந்தியை குதிரையை நோக்கி நகர்த்தினால் பிசு தளர்த்தப்பட்டு, ச்ருதி குறைகிறது.

(இ) வாசிக்கப்படும் நான்கு தந்திகளில் ஒவ்வொன்றிலும் பல ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கப்படும். உதாரணமாக, முதல் தந்தியில், அதாவது மத்திய-ஷட்ஜத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியில், மெட்டுக்கள் மீது அடுத்து அடுத்து விரல் வைத்து குதிரையை நோக்கி சென்றால் க்ரமமாக அடுத்த அடுத்த ஸ்வரம் ஸ்வரஸ்தானம்) ஒலிக்கும். விரலை தந்தி மீது வைத்து மெட்டின் மேல் அழுத்தினால், தந்தியின் அசையும் நீளம் குறையும். அசையும் நீளம் குறைவதால் அதிர்வு-எண் கூடும், இதை விதி-எண் 1 ல் பார்த்தோம்.

(ஈ) அடிக்கடி தந்தியை இழுத்து உயர் ஸ்வரங்கள் வாசிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு செய்யும்போது பிசு அதிகரிக்கப்படுகிறது, அதனால் அதிர்வு-எண் அதிகரிக்கும், விதி-எண்-2 ல் கூறப்பட்டதுபோல்.

2. தந்தி-குதிரை சந்திப்பு: வீணையின் மேல் பலகையின் மேல் உள்ள குதிரை, தம்பூரா குதிரை போல் அகலமானது. தம்பூராவின் சந்தர்ப்பத்தில் நாம் மேலே விவாதித்த தத்துவங்கள் அனைத்தும், வீணைக்கும் பொருந்தும்.

அதாவது, தந்தியை மீட்டும் இடத்தில் முடிச்ச கொண்ட ஹார் மானிக்ஸ் இடம்பெறுகின்றன. குதிரையின் மேல் தளம் வளைவாக சரிவாக இருப்பதனால், தந்தி-குதிரை சந்திப்பு உராய்வது போன்று இருக்குமேயன்றி ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் மட்டும் இருக்காது.

வயலின்

அதனால் வீணையை மீட்டினால் பல செழிப்பான ஹார்மானிக்ஸ் வரிசைகள் எழும்பும்.

ஆனால் வீணை குதிரைமேல் ஜீவா வைக்கப்படுவதில்லை. ஆதலால் அது இவ்விஷயத்தில் தம்பூராவிலிருந்து வேறுபடுகிறது.

3. குடத்தின் பங்கு: தம்பூராவில் குடம் ஆற்றும் பங்கேதான் வீணையின் குடமும் ஆற்றுகிறது.

வீணையில் தண்டியின் அடியில் இன்னொரு பக்கத்தில் ஒரு சிறு குடம் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இது சுரைக்காயால் முன்பு செய்யப் பட்டிருந்ததால் “சுரைக்காய்” என்று இன்றும் அழைக்கப்பட்டு வருகிறது. வீணையை வாசிக்கும்போது தொடைமேல் அமர்த்த இச்சிறு குடம் உதவுகிறது. இக்குடத்தினால் ஒலிபெருக்கவோ தன்மையைக் கொடுக்கவோ முடியுமா என்று அநேக முறை கேள்விகள் எழுப்பப்படுகின்றன.

இச்சிறு குடம் கீழ் பக்கம் திறந்தேயிருக்கும், ஆதலால் இது காற்றை உள்ளடக்கின ஒரு பாத்திரமாக இராது. ஆனால் வீணையின் சேர்க்கப்பட்ட எந்த வெற்றிடம் கொண்ட பாகமும் ஒலிபெருக்க, தன்மையை கொடுக்க சிறிதேனும் உதவும்.



தம்பூராவின் குதிரை BRIDGE OF TAMBURA



வீணையின் குதிரை BRIDGE OF VINA

தம்பூரா, வீணையிலிருந்து வயலின் வேறுபடும் முக்கிய அம்சம் ஈலி எழுப்பும் விதம். வயலினின் தந்திமேல் வில்போட்டு ஒலி எழுப்பப்படுகிறது, வீணை தம்பூராவில் தந்தியை மீட்டி.

1. தந்திகளும் ச்ருதி கூட்டும் முறையும்: வயலினில் நான்கு தந்திகள் உள்ளன. அவை ச்ருதி சேர்க்கப்படும் ஸ்வரங்கள் முறையே,

மத்ய-பஞ்சமம், மத்ய-ஷட்ஜம், மந்த்ர-பஞ்சமம், மந்த்ர-ஷட்ஜம்.

தந்திகளின் அசையும்-நீளம் சமமாக இருக்கும்படி பிசுவம் சமமாக இருக்கவேண்டுமாகையால் தந்திகள் வெவ்வேறு தடிமன் கொண்டவையாக இருக்கும் விதி-எண் 3. முதல் தந்தி பொதுவாக துருபிடிக்கா எஃகு தந்தியாக (stainless steel) இருக்கும். மற்றவை ஸ்டெயின்லெஸ் ஸ்டீலின் மேல் எலெக்ட்ரோமெட்டல்-க்ரோமியம் சுற்றப்பட்டவையாக இருக்கும்.

ஒரு ஸ்வரத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியில் உயர்ந்த ஸ்வரங்கள் ஒலிக்க இடது கைவிரலை தந்தியின் மேல் அழுத்தமாக வைக்கவேண்டும். அதாவது தந்தியை வெவ்வேறு இடங்களில் விரல்-பலகையோடு (finger board) சேர்த்து அழுத்தி வாதித்தால் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் எழும்பும். இப்படி செய்கையில் தந்தியின் அசையும்-நீளம் குறையும், அதனால் உயர்ந்த ஸ்வரங்கள் கேட்கும் (விதி-எண் 1).

2. வில் போடும் முறை: வயலின் வில்லில் ஒரு கழியின் இரு முனையையும் இணைக்கும் விதம் குதிரை அல்லது நைலான் மயிர்கள் அட்டப்பட்டிருக்கும். ரோஸின் என்னும் ஒருவித மரப்பிசின் மயிர் மேல் தடவப்பட்டு அது கோந்துபுஷ்டராக மயிர்மேல் ஒட்டிக் கொள்ளும். இதனால் மயிருக்கும், தந்திக்கும் இடையே உராய்வு (friction) ஏற்படும். வில்லை தந்தி மீது போடும் போது அது தந்தியை இழுக்கும். தந்தியின் பிசு இதற்கு எதிர்ப்பு கொடுத்து மயிரை விட்டு நழுவு பார்க்கும். மயிரின் உராய்வுசக்தி எப்பொழுது தந்தியை மேலும் இழுக்க முடியவில்லையோ, தந்தி நழுவி தன்னுடைய முந்தைய நிலைக்கும், அதை தாண்டியும் சென்றுவிடுகிறது.

ஓய்வு நிலைக்கு வர முயலும்போது, அடுத்து வரும் மயிரின் பகுதி தந்தியை இழுக்கின்றது. திரும்பவும் தந்தி நழுவமுயலும்.

இப்படியாக, வில் போடுவது, என்பது ஒரு வரிசையாக வரும் மீட்டு போலவே உள்ளது. மீட்டுக்கள் அடுத்து-அடுத்து மின்னல் வேகத்தில் வருவதால் அவை தனித்தனியே தெரிவதில்லை. அதனால் ஒலி தனித்தனி ஸ்வரங்களாக கேட்காமல் ஒரு தொடர்ச்சியான ஒலியாக கேட்கும்.

வில்லிற்கும் தந்திக்கும் இடையே உராய்வு சக்தி, தந்தி இழுக்கப் படும்போது அதிகமாய் இருக்கும். தந்தி நழுவும்போது வலிமை குறையும். அதனால் வில்போட தொடங்கும்போது வலிமை நிறைய தேவைப்படும், ஆனால் தந்தி அசையத் தொடங்குபிறகு அவ்வளவு தேவைப்படாது. வில் வாத்தியங்களில் அனைத்திலுமே இசையானது இந்த தந்தியை இழுக்கும் சக்தியிலும், தந்தி நழுவும் சக்தியிலும் உள்ள சிறு வித்தியாசத்தில்தான் அமைந்துள்ளது.

வில் போடும் முறையும் வயலின் ஒலியின் தன்மையும்

ஒலியின் தன்மை வில்லை போடும் அழுத்தத்தினால் அவ்வளவாக பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் வில் போடும் வேகத்தினால் பாதிக்கப்படும். இதில் முக்கியமான அம்சம், நாம் தந்தியின் எந்த இடத்தில் வில்லை போடுகிறோம் என்பது. வில்லின் மயிரின் அகலம் குறுகலாக இருந்தால் ஒலியில் வலிமையுள்ள உயர்வான பரிவார ச்ருதிகள் எழும்பும். அப்பொழுது வில்லை தந்தியின் எந்த இடத்தில் போட்டாலும் ஒலி சமமான தன்மையுடன் இருக்கும்.

குதிரையின் அருகே வில்லை போட்டால் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும். பொதுவாக வில் தந்தியை தொடும் இடம் தந்தியின் அசையும் நீளத்தில் (குதிரையிலிருந்து) 1/7-லிருந்து 1/15-வரை இருக்கும். இன்னும் அதிகமாக பழக்கத்தில் இருக்கும் இடம் குதிரையிலிருந்து தந்தியின் 1/9 அல்லது 1/10 பாகமாக இருக்கும்.

3. வல்ப் நோட் (wolf-note - ஓநாய் ஒலி): வயலினில் குதிரை, மேல் பலகை, பின் பலகை எல்லாம் அதிர்வில் பங்குபெறும். ஒவ்வொரு பாகத்திற்கும் அதன் இயற்கை அதிர்வு-எண் உண்டு. அந்த இயற்கை அதிர்வு-எண் வாசிக்கும் ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண்ணாக இருந்தால் உடனியக்கம் (resonance) ஏற்படும். அப்பொழுது வயலினின் அந்த பாகம் அதிகமாக அசையும்.

சுமாராக எல்லா வில் வாத்தியங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஸ்வரத்தை வாசிப்பது கடினமாக இருக்கும், அதை ஒலிக்கும் போது ஊனையிடுவதுபோல் ஓசை ஏற்படும். அதை "ஓனாய்-ஸ்வரம்" (Wolf note) என்று கூறுவர். தந்தியானது குதிரை வழியாக மேல்பலகையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளதால் தந்தியின் அதிர்வு-எண் மேல்பலகையின் இயற்கை அதிர்வு-எண்ணிற்கு சமமாக இருந்தால், மேல்பலகையின் அதிர்வின் வீச்சு அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். இதற்கான வலிமையை தந்தியின் அதிர்விலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளும். இதனால் வில்லால் சாதாரணமான அதிர்வை ஏற்படுத்த இயலாமல் போய் விடும்.

இந்த இன்னலை தவிர்க்க இருவழிகள் உண்டு. ஒன்று வில்லின் அழுத்தத்தை அதிகரித்து தக்கவாறு மாற்ற வேண்டும். மற்றொன்று குதிரையின் எடையை, அதில் ஒரு அதிர்வு-அடக்கிப்பொறி (mute) சேர்த்து, அதிகரிப்பது. அதிர்வு-அடக்கிப்பொறி ஒரு உலோகத்தால் அல்லது கட்டையாலான க்ளிப் (clip) போன்ற கருவி. அதற்கு ஒரே வரிசையில் இருக்கும் மூன்று கால்கள். குதிரை மேல், நான்கு தந்திகளிடையேயுள்ள மூன்று இடைவெளிகளில் இந்த அதிர்வு-அடக்கிப் பொறியின் மூன்று கால்களை பொருத்த வேண்டும். இதை பொருத்தவதினால் மேல்பலகையின் செயலாற்றா தன்மையை (inertia) அதிகரித்து இயற்கை அதிர்வு-எண்ணின் வலிமையை குறைக்கின்றது.

4. அதிர்வு பரப்புதல்: தந்திகளின் அதிர்வுகள் குதிரை மூலமாகவும் ஒலிக்கப்படும் (sound post) மூலமாகவும் வயலினின் உடலிற்கு பரப்பப்படுகிறது.

குதிரை (bridge): குதிரை தந்திகளின் அதிர்வை மேல் பலகைக்கு பரப்புகிறது. குதிரையின் அமைப்பு தந்தியின் நீளவாட்டில் நெட்டதிர்வுகளை தவிர்க்கும்படியாக உள்ளது. குதிரையின் வலது பக்கம் ஒலி-கம்பம் (sound post) மீது நிற்பதால், அது அவ்வளவாக அசைவதில்லை. குதிரையின் இடதுகால் அசைவதற்கு வாய்ப்பு இருப்பதால் குதிரை வலதுகால் மேல் பலம் கொடுத்து அதிரும்; இடதுகால் பக்கம் மேல்பலகை அதிர்வு அடைய தொடங்கும். இந்த அதிர்வு வயலின் மரத்திலானான உடலின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்ற பகுதிக்கு பரவும், பிறகு வெளிக் காற்றிற்கும் பரவும்.

ஒலிக்கப்படும் மற்றும் நடுக்கட்டை (sound post and bassbar) ஒலிக்கப்படும் வழியாக மேல் பலகையின் அதிர்வு பின்பலகைக்கு சென்

றடைகிறது. நடுக்கட்டை குதிரையின் இடதுகாலுக்கு அடிப்பாகத்தில், மேல்பலகையின் அடிப்பாகத்தில் ஒட்டப்பட்டிருக்கும். நீளமான கட்டை நீட்டவாக்கில் இருக்கும் இதன் வழியாக அழுத்தமும், அதிர்வும் துரிதமாக பரப்பப்படுகின்றன.

உதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co., London, 1969.
2. "ஸங்கீத ஒலிநூல்" R. K. Viswanathan, Annamalai University, Annamalai Nagar, 1948.
3. "The Music of India: A Scientific Study" by B. Charitanya Deva, Munshiram Manoharlal Publishers Pvt., Ltd., 1981.
4. "Principles of Physics" by Earnest Greene, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1969.
5. "Physics of Tampura: Some Investigations" .. an article by Dr. H. V. Modak pub. in NCPA Journal of the Arts, Bombay, December 1992.

காற்று நிரைகளின் துடிப்பு

ஒரு சாவியின் த்வாரத்தின் மீது அழுத்தமாக காற்றை ஊதினால் ஒலி எழும்புகிறது. இதிலிருந்து காற்று நிரைகளில் துடிப்பு ஏற்படுத்த முடியும் என்பதை அறிகிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட உயரம் கொண்ட காற்று நிரைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட இயற்கை துடிப்பு-எண் உள்ளது.

பரிசோதனை

ஒரு உயரமான கண்ணாடி குழாயை ஒரு தண்ணீர் பாத்திரத்தில் வைத்து பாத்திரத்தில் தண்ணீர் விடவும். ஒரு ஒலி கவட்டையை அடித்து அடைய செய்து குழாயின் மேல்வாயின் அருகே வைக்க வேண்டும். பாத்திரத்தில் தண்ணீர் விட்டு காற்று நிரையின் உயரத்தை வரிசையாக வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் காற்று நிரை துடிக்கத் தொடங்கி ஒலி கவட்டைக்கு சமமான ஒரு ஒலி எழும்பும். (2) நவால் ஒலி கவட்டையின் அதிர்வு-எண்ணும் காற்று நிரையின் அதிர்வு-எண்ணும் சமம் என்று அறிகிறோம்.

இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்று நிரையின் துடிப்பு

இரு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்று நிரை துடிக்கும் போது, இரு முனைகளிலும் எதிர்முடிகள் (antinodes) இருக்கும். என்னென்றால் திறந்திருக்கும் முனைகளில் காற்று அசைய சுதந்திரம் இயலக்கூடியது. இரு எதிர்முடிகளுக்கும் நடுவே ஒரு முடிச்சு இருக்க வேண்டும். அந்த இடத்தில் காற்று ஓய்வு நிலையில் இருக்கும். அசைந்து கொண்டிருக்கும் காற்று நடுபாகத்திலிருந்து இரு திறந்த முனைகள் நோக்கிச் செல்லும். அல்லது இரு முனைகளிலிருந்து மையத்தை நோக்கிச் செல்லும். ஆகையால் மிகவும் எளிதான துடிப்பு ஏற்படும்போது நடுபாகத்தில் ஒரு முடிச்சும், இரு முனைகளிலும் எதிர்முடிகள் இருக்கும்.

இதை கணித மொழியில் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

பாடம் எண் 2-ல் முன்பு கூறியது போல் அலை-நீளம் என்பது அடுத்து வரும் இரண்டு அலைகளில் ஒரே மாதிரியான இரண்டு இடங்களுக்கு இடையே உள்ள நீளம். உதாரணமாக, ஒரு அலையின் தொடங்கும் இடத்திலிருந்து அடுத்த அலையின் தொடங்கும் இடம் வரைக்கும் உள்ள நீளம். அதாவது, ஒவ்வொரு அலையிலும் இரண்டு முடிகளும், இரண்டு எதிர்முடிகளும் இருப்பதால் அலை-நீளம் ஒரு அலையின் முதல் முடியிலிருந்து அடுத்த அலையின் முதல் முடி அல்லது மூன்றாவது முடி வரை. இப்பொழுது குழாயின் நீளம் ஒரு முனையில் இருக்கும் முதல் எதிர்முடிச்சிலிருந்து அடுத்த முனையில் இருக்கும் இரண்டாவது எதிர்முடிச்சு வரை நீண்டு இருக்கிறது. அதனால் அலை-நீளம் குழாயின் நீளத்துக்கு இருமடங்கு இருக்கும்.

இப்படியாக அலை-நீளம் $2L$ ஆக இருக்கும். L என்பது குழாயின் நீளம். N அதிர்வு-எண், V ஒலியின் வேகம், $2L$ அலை-நீளமாக இருந்தால்,

$$N = V/2L$$

திறந்த குழாயின் காற்று நிரையில் பரிவார சுருதிகள்

தந்தி போல் காற்று நிரைகளிலும் பரிவார சுருதிகள் உண்டாகின்றன. [படம் பார்க்கவும்]

அடிப்படை ஸ்வரம்

அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் தான் மிகக் குறைவாக இருக்கும். அதனால் அதன் அலை-நீளம் தான் மிகப் பெரிதாக இருக்கும். அலை-நீளம் $2L$ ஆக இருக்கும். அதாவது, குழாயின் நீளம் போல் இருமடங்கு. அதிர்வு-எண் N .

எழு	மு	எழு
-----	----	-----

$$N = V/2L$$

முதல் உபரி-ஸ்வரம் (First Overtone)

முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் எதிர்-எண்ணைவிட அதிகமாகவும், அலை-எண் குறைந்ததாகவும்

இருக்கும். ஆனால் இந்த ஸ்வரமும் இரு முனைகளில் எதிர்முடிகள் கொண்டு இருக்க வேண்டும். அதனால் ஒரு முடி, ஒரு எதிர்முடி மற்றும் இன்னொரு முடி நடுவில் புகுத்தப்பட வேண்டும்.

எழு	மு	எழு	மு	எழு
-----	----	-----	----	-----

இப்பொழுது அலை-நீளம் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அலை-நீளத்தில் பாதி அல்லது முதல் எதிர்முடிக்கும் இரண்டாவது எதிர்முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளமாக இருக்கும்; அதாவது குழாயின் நீள அளவு இருக்கும். அதாவது L . முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் $N1$.

$$N1 = V/L$$

இரண்டாவது உபரி-ஸ்வரம்

இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தை அடைவதற்கு ஒரு முடியும், ஒரு எதிர்முடியும் புகுத்த வேண்டும்.

எழு	மு	எழு	மு	எழு	மு	எழு
-----	----	-----	----	-----	----	-----

இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தின் அலை-நீளம் (முதல் எதிர் முடிக்கும் மூன்றாவது எதிர்முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம்) குழாயின் நீளத்தில் மூன்றில் இரண்டு பங்காக இருக்கும். அதாவது $2L/3$. அதிர்வு-எண் $N2$.

$$N2 = V \div 2L/3 = V \times 3/2L = 3V/2L$$

அப்பொழுது அடிப்படை மற்றும் உபரி ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்களை நாம் ஒப்பீடு செய்தால் கீழ்க்கண்ட சமன் தொடரை அடைவோம்.

$$N = 1/2 (V/L)$$

$$N1 = 1 (V/L)$$

$$N2 = 3/2 (V/L)$$

அதாவது $N_1 = 2N$, $N_2 = 3N$, இப்படியாக செல்லும்;

இதன் விகிதம் $N : N_1 : N_2 = 1 : 2 : 3$.

அசையும் தந்தியில் கிடைக்கப்பெற்ற விகிதம் தான் இங்கு கிடைக்கின்றது.

ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயில் காற்று-நிரையின் துடிப்பு (Vibration of air column in a tube closed at one end) :

இவ்விதமான துடிப்பில் ஒரு முனையில் எப்போதும் முடி இருக்க வேண்டும். மற்ற முனையில் எதிர்முடி. திறந்திருக்கும் முனையில் காற்று உள்ளே வந்தபடியும், வெளியே சென்றபடியும் மாறி-மாறி இருக்கும். துடிப்பின் வீச்சு திறந்த பக்கத்தில் அதிகமாகவும், மூடியிருக்கும் பக்கம் நெருங்க-நெருங்க குறையத் தொடங்கும்.

எழு	மு
-----	----

முடிக்கும், எதிர்முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம் இங்கே L . அதாவது குழாயின் முழு நீளம். அலை-நீளம் என்பது முதல் முடியிலிருந்து மூன்றாவது முடி வரை உள்ள நீளம். குழாயின் நீளமான L என்பது ஒரு முடிக்கும், அடுத்த எதிர்முடிக்கும் உள்ள நீளம். அதனால் அலை-நீளம் இதற்கு நான்கு மடங்காக இருக்க வேண்டும். அதாவது, $4L$. அதிர்வு-எண் N என்பது

$$N = V/4L$$

ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயின் காற்று-நிரையில் பரிவார சுருதிகள் (Overtones of air column in a tube closed at one end) :
[படம் பார்க்கவும்]

அடிப்படை ஸ்வரம்

மேலே விவரித்தது போல் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண்,

$$N = V/4L$$

முதல் உபரி-ஸ்வரம்

முதல் உபரி ஸ்வரம் கிடைப்பதற்கு ஒரு முடியும், ஒரு எதிர் முடியும் புகுத்த வேண்டும்.

எழு	மு	எழு	மு
-----	----	-----	----

(வலது பக்கத்திலிருந்து) முதல் முடிக்கும் இரண்டாவது முடிக்கும் உள்ள நீளம், குழாயின் நீளத்தில் மூன்றில் இரண்டு பாகம். அதாவது $2/3 L$. அலை-நீளம் இதற்கு இரண்டு மடங்கு; அதாவது, $2 \times 2L/3 = 4L/3$. முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் N_1 -ன் மதிப்பு

$$N_1 = V \div 4L/3 = 3V/4L$$

இரண்டாவது உபரி-ஸ்வரம்

இந்த இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்திற்காக இன்னும் ஒரு முடியையும், எதிர்முடியையும் புகுத்த வேண்டும்.

எழு	மு	எழு	மு	எழு	மு
-----	----	-----	----	-----	----

முதல் முடிக்கும், மூன்றாவது முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம் (அதாவது அலை-நீளம்), குழாயின் நீளத்தில் ஐந்தில் நான்கு பாகமாக இருக்கிறது. அதாவது $4/5 L = 4L/5$. இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் N_2 ,

$$N_2 = V \div 4L/5 = 5V/4L$$

இப்பொழுது அடிப்படை மற்றும் மற்ற உபரி ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்களை ஒப்பிட்டு நோக்கினால், கீழ்க்கண்ட சமன் தொடரை அடைகின்றோம்.

$$N = 1/4 (V/L)$$

$$N_1 = 3/4 (V/L)$$

$$N_2 = 5/4 (V/L)$$

அதாவது, $N_1 = 3N$, $N_2 = 5N$ என்று மேலும் செல்லும்.

$$N : N_1 : N_2 = 1 : 3 : 5.$$

இரண்டுவித குழாய்களில் உள்ள துடிப்புகளின் ஒப்பீடு

இரு பக்கமும் திறந்த குழாய் மற்றும் ஒரு பக்கம் மூடியுள்ள குழாயின் உபரி ஸ்வரங்களை ஒப்பீடு செய்தால் நாம் அறிவது என்ன வென்றால், திறந்த குழாயில் ஹார்மோனிக் வரிசையின் அனைத்து அதிர்வு-எண்களும், அதாவது 1, 2, 3, 4, 5, இடம் பெறுகின்றன. ஆனால் ஒரு பக்கம் மூடியுள்ள குழாயில் ஒற்றைப்படை எண்கள் ஹார்மோனிக்ஸ், அதாவது 1, 3, 5, ... ஆகியவை மட்டும் இடம் பெறுகின்றன.

கூம்பு வடிவான ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயில் காற்று-நிரையின் துடிப்பு

(Vibrations of air column in a conical tube closed at one end) :

இம்மாதிரியான குழாயில் காற்று நிரை துடிப்பு, சிக்கல் வாய்ந்ததாக இருக்கும். ஆனால், பொதுவாக அது ஒரு திறந்த குழாய் போல் பங்காற்றும். அதாவது, அலை-நீளம் $2L$ மற்றும் ஹார்மோனிக் வரிசையின் அனைத்து அதிர்வு-எண்களும் இடம் பெறும்.

புல்லாங்குழல் மற்றும் நாகஸ்வரத்தின் அடிப்படை

ஒலி வீஞ்ஞான தத்துவங்கள்

(Acoustical principles underlying Flute and Nagasvaram)

புல்லாங்குழல்

ஒலியின் உற்பத்தி

புல்லாங்குழல் பக்கவாட்டில் வைத்து வாசிக்கப்படும். அதன் முக்கியமான ஊது-துளை (mouth-hole) சிறிது வெளிப்பக்கம் திரும்பியிருக்கும். வாசிப்பவரின் உதடு துளையின் கிட்ட இருக்கும் விளிம்பில் வைக்கப்படும். மென்-தகடு வடிவில் காற்று விளிம்பின் மேல் ஊதினால் ஒலி உண்டாகும். இந்த காற்றுநிரையும் குழாயிலுள்ள காற்றும் சேர்ந்து துடிக்கும் வஸ்துவாகின்றன.

எல்லா துவாரங்களும் மூடியிருந்தால், புல்லாங்குழல் ஒரு இருபக்கம் திறந்த குழாய் போல் ஒலி கொடுக்கும். முதன்முதலில் ஹெல்ம்ஹோல்ட்டு என்ற விஞ்ஞானிதான் இந்த கருவியில் ஒலி உற்பத்தியாவதையும், பரவுவதையும் விளக்கினார். குழல் ஊது பவரின் வாயிலிருந்து மெல்லிய தகடுவடிவ (blade) காற்றை ஒரு இசைக்கட்டை (reed) போல் கருதி அது குழலின் காற்று நிரையால் துடிப்பது போலவும் இருப்பதாகக் கூறினார். குழலினுள் இருக்கும் காற்று நிரையின் அசைவு வாயிலிருந்து வரும் காற்றை மாறி மாறி குழலினுள் அனுமதித்தும், ஊது-துளை வெளியிலேயே போகும்படி செய்கின்றது. குழலினுள் காற்று அடர்த்தியானால் (condensation), தகடு-வடிவ காற்று உள்ளே இழுத்துக்கொள்ளப் படுகிறது மற்றும் தளர்த்தி (rarefaction) ஏற்படும்போது தகடு-வடிவ காற்று வெளியே தள்ளப்படுகிறது. இந்த அடர்த்தி மற்றும் தளர்ச்சியின் காரணமாக ஒலி ஏற்படுகிறது. ஆனால் ஹெல்ம்ஹோல்ட்டு ஒரு அம்சத்திற்கு விளக்கம் அளிக்கவில்லை. அதாவது குழலினுள் முதன்முதலில் துடிப்பு எவ்வாறு தொடங்குகிறது என்பதை அவர் விளக்கவில்லை.

தற்காலத்திய ஆய்வாளர்கள், ஈ. ஜி. ரிசர்ட்டுஸ் போன்றவர்கள், வேறு விளக்கம் அளித்துள்ளார்கள். நீர்கழிகள் (vortex) மற்றும் “விளிம்பு-ஸ்வரங்கள்” ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் புல்லாங்குழலில் ஒலி ஏற்படும் காரணத்தை விளக்கியுள்ளனர். இதே போன்று தான் தந்தி மரங்களில் (telegraph wires) கேட்கும் ஒலியும்.

ஓடும் தண்ணீரில் ஒரு குச்சியை குத்திட்டு வைத்திருந்தால், அதன் இரு புறத்திலுரிந்தும் நீர்ச்சுழிகள் ஏற்பட்டு அவை கலைந்து நீருடன் போவதைக் கவனிக்கலாம். இந்த நீர்ச்சுழிகள் குச்சியை மாறி மாறித் தள்ளும். அதன் வலுவை, குச்சியை ஒரே இடத்தில் வைத்துக் கொள்ளாமல், தண்ணீரில் குச்சியை இழுத்தோமென்றால், அப் பொழுது நம்முடைய கையில் ஆட்டம் கொடுப்பதிலிருந்து அறியலாம்.

நீரில் குச்சியை வைத்துக்கொள்வதற்கு பதிலாக காற்றில் கொடியுடன் கூடிய ஒரு கம்பியை நட்டால், மேற்கூறிய சம்பவம் நடக்கின்றது. நீரில் சுழிகள் ஏற்படுவதற்கு பதிலாக காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு கம்பியை முன்னும் பின்னுமாகப் பக்கவாட்டத்தில் அசைத்து கொடியை பறக்கச் செய்யு). கொடிக்கு இரண்டு பக்கத்திலிருந்தும் சுழலலைகள் (eddies) மாறி மாறி வந்து ஒன்றை ஒன்று

தூரத்தும். தந்தி கம்பங்களில் ஒலி கேட்பது எதனால் என்றால் என்றால் சுழிகளின் அசைவிற்கு உண்டான துடிப்பு-எண்ணும் தந்தி கம்பிக்கு இயற்கையாக உள்ள துடிப்பு-எண்ணும் ஒன்றுசேரும் பொழுது காற்றில் சப்தம் உண்டாகும். இதை “Aeolian tone” என்று கூறுவர். ஏனென்றால், “Aeolian harp” என்ற இசைக் கருவி, இயற்கைக் காற்றால் தூண்டப்பட்டுதான் ஒலி எழுப்பும்.

“விளிம்பு-ஸ்வரம்” என்பது ஒரு பிளப்பிலிருந்து மென்-தகடு (blade) வடிவம் கொண்ட காற்று, ஒரு தடையின் கூரான விளிம்பை தொடும்போது ஏற்படுகிறது. புல்லாங்குழலின் ஊது-துளையிலும் இவ்வாறுதான் ஸ்வரம் உண்டாகிறது. ஊதும் காற்றின் அழுத்தத் திறகுத் தக்கபடி “விளிம்பு-ஸ்வரத்தின்” சுருதி உயர்கின்றது என்று கருதப்படுகிறது. ஆனால் புல்லாங்குழலில் காற்றிற்கு நாம் கொடுக்கும் வலிமையினால் ஒலியின் சுருதி இருமடங்கு ஆகிறது. அதாவது, கீழ்-ஸ்தாயிக்கு உண்டான ஸ்வரங்களை வாசிக்கும்பொழுது காற்றிற்கு வலிமையைக் குறைவாகவும், மேல்-ஸ்தாயி ஸ்வரங்களை வாசிக்கும்பொழுது வலிமையை அதிகமாகக் கெகாடுக்க வேண்டும்.

புல்லாங்குழலில் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் வாசிப்பது

புல்லாங்குழலில் ஊது-துளையிலிருந்து சற்று தூரம் தள்ளி இருக்கும் எட்டு துளைகள் ஸ்வரங்களை வாசிக்கும் துளைகள். இவைகளை முழுமையாகவோ பாதியாகவோ விரல்களால் மூடி, அசையும்-நீளத்தை ஒழுங்குபடுத்தி ஸ, ரி, க, ம, ப, த, நி போன்ற ஸ்வரங்கள் வாசிக்கப்படுகின்றன. ஊது-துளையிலிருந்து ஸ்வர-துளைகளின் தூரம், ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்ணிற்குத் தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விதத்தில் புல்லாங்குழலை ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் உடனியக்க கோளங்களுக்கு (Helmholtz resonators) ஒப்பிடலாம்.

இவ்வுடனியக்க கோளங்களில் துளை மிகவும் சிறியதாக இருக்கும். இதன் துளையை சற்று பெரிதாக்கினால் அந்த கோளத்தின் சுருதியை உயர்த்த முடியும். புல்லாங்குழலில் இதுதான் நடக்கிறது. அதன் துளையை மூடியிருக்கும் விரலை கொஞ்சம் கொஞ்சமாக எடுத்து, துளையின் அளவைப் பெரிதாக்கினால், சுருதி உயர்ந்துகொண்டே போகும்.

இதனால் ஒரு புல்லாங்குழலை செய்து முடித்த பிறகு, ஸ்வரங்கள் சரியான சுருதியில் இல்லையென்றால், துளைகளின் அளவில் சிறிது மாறுதல்கள் செய்வார்கள்.

புல்லாங்குழலைச் செய்வதற்கான மூலப்பொருள் (material)

குழலின் குழாயின் அகலம் மற்றும் அதன் மூலப்பொருள் இந்த இரண்டையும் சார்ந்தது ஒரு புல்லாங்குழலின் ஒலி-தன்மை. ஒலி-தன்மை ஒலியிலிருக்கும் பரிவார சுருதிகளைச் சார்ந்துள்ளது என்று முன்பே பார்த்தோம். விஞ்ஞான தத்துவப்படி குழாயின் உள் சுற்றளவு குறைவாக இருந்தால், பரிவார சுருதிகள் நிறைய இருக்கும். உள் சுற்றளவு அகலமாக இருந்தால், பரிவார சுருதிகள் குறைவாக இருக்கும். புல்லாங்குழலில் ஸ்வரங்கள் மிகக் குறைவான பரிவார சுருதிகளுடன் கூடியவையாக இருக்கின்றன என்று ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் கண்டுபிடித்தார். பிற்காலத்திய ஆய்வுக்கூட இதை உறுதிப்படுத்தியுள்ளன. இதனால்தான் புல்லாங்குழலின் ஒலித்தன்மை மிருதுவாக இருக்கின்றது; இதற்கு மாறாக நாகஸ்வரம் போன்ற ரீட் (இசைக்கட்டை) கருவிகளின் ஒலி இருக்கும். உலோகத்தாலான புல்லாங்குழல்களைவிட மரத்தினாலான புல்லாங்குழல்களின் தன்மை சற்று மிருதுவாக இருக்கும். ஏனென்றால் மரம் உலோகத்தைவிட சற்று அதிகமாக அழுத்தங்களுக்கு அனுசரித்துப்போகும்.

நாகஸ்வரம்

நாகஸ்வரம் ஒரு ரீட் வாத்யம். காற்று வாத்யங்களில் ஒரு ரீட் அல்லது இரு ரீட் கொண்ட வாத்யங்கள் உள்ளன. கிளாரினெட் வாத்யம் ஒரு ரீட் கருவிக்கான உதாரணம். நாகஸ்வரம், ஒபோ (oboe — மேற்கத்திய இசைக் கருவி) போன்ற கருவிகள் இரு மூங்கில் ரீட் கொண்ட கருவிகள். ஹார்மோனியமும் ஒரு ரீட் வாத்யமே.

ரீட்களின் பங்கு

நாகஸ்வரத்தில் இரு ரீட்களை சேர்த்து அடிபாகத்தில் கட்டி, மற்ற முனையில் ஒரு துளையுடன் இருக்கும். அதை கூம்புவடிவான ஒரு குழாயில் நுழைத்து. ரீட்களை வாயில் வைத்து, காற்றை ஊதி கலைஞர் வாசிப்பார். இரு ரீட்களும் ஒன்றுக்கு எதிராக மற்றொன்று அசைந்து துடிப்பு ஏற்படும். அவை மாறி மாறி துளையை மூடியும், திறக்கவும் செய்யும். இந்த மாறுதல் அடையும் காற்றழுத்தம் குழாயில் உள்ள காற்றிற்குப் பரவும். இதில் துடிப்பு ஏற்பட்டு.

அதற்கு தக்கவாறு ச்ருதியுள்ள ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கும். ரீட்களுக்கும் குழாய்க்கும் உள்ள இணைப்பு உறுதியாக இருக்க வேண்டும். இல்லாவிட்டால் ரீட்கள் தங்களுடைய இயற்கை அதிர்வு-எண்ணில் துடிக்கத் தொடங்கும். சில சமயம் நாகஸ்வரத்திலிருந்து “பிப்பி” என்று ஒலி கேட்பது ரீட்களின் இயற்கை அதிர்வின் காரணம் தான்.

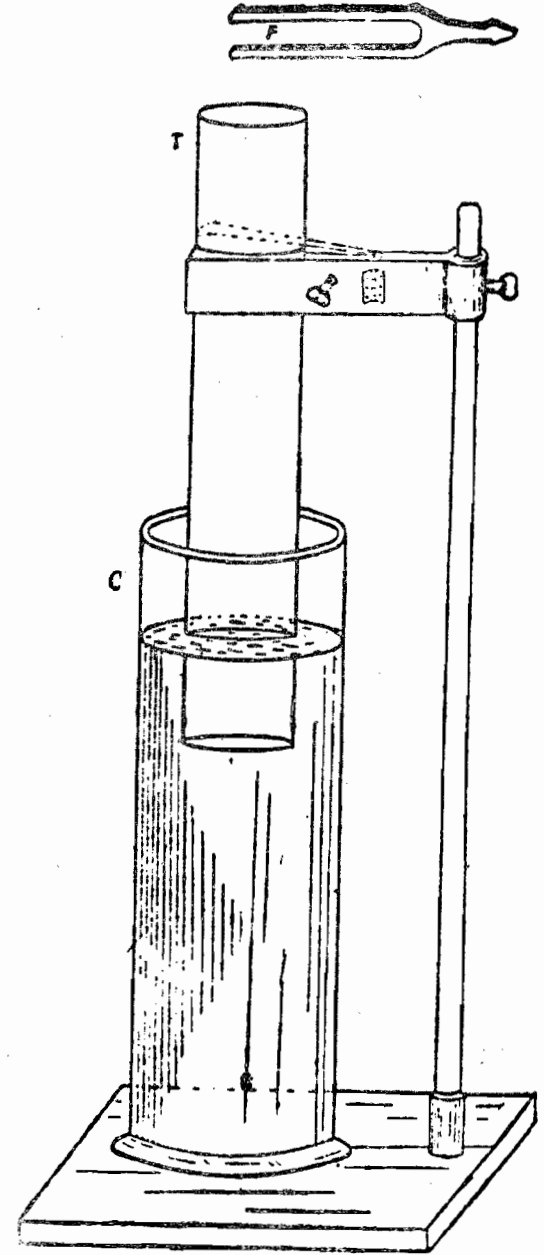
நாகஸ்வரத்தின் குழாய், இரண்டிலிருந்து இரண்டரை அடி நீளம் வரை இருக்கும். குழாயின் நீளம் அதிகம் ஆக ஆக, அதன் “ச்ருதி” அல்லது “ஆதார-ச்ருதி” குறைவாக இருக்கும். பன்னிரண்டு துளைகளில் எட்டு வரிசையாக ஒரு நேர்க்கோட்டிலும், மற்ற நான்கும் அதற்கு இரு பக்கமும் வெவ்வேறு இடத்தில் குழாயின் கீழ் பகுதியில் இருக்கும். எட்டில் ஏழு துளைகள் மீதே விரல்கள் வைக்கப்படும். மற்றவை ச்ருதியை கட்டுப்பாட்டில் வைக்க உதவுகின்றன.

ஒலித்தன்மை

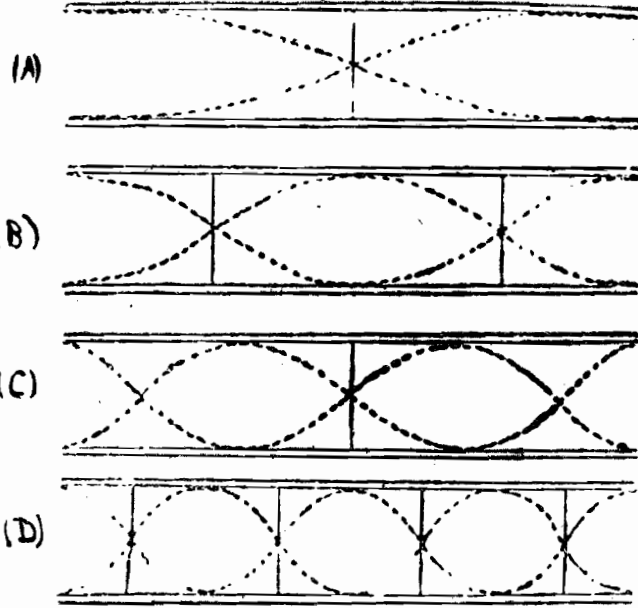
நாகஸ்வரத்தின் ஒலித்தன்மை பல அம்சங்களைச் சார்ந்தது. காற்றுநிறை, கருவியில் மூலப்பொருள் மற்றும் வடிவு — இவை ஒலித்தன்மையை உருவாக்குகின்றன. கிளாரினெட் நீள்-உருளை (cylindrical) வடிவானதால், மேலும் ஒரு பக்கம் மூடியிருப்பதால், அதில் உண்டாகும் பரிவார சுருதிகளில் ஒற்றைப்படை (odd) ஹார்மோனிக்ஸ்களே (1, 3, 5, ...) இருக்கும். நாகஸ்வரம், ஒபோ போன்ற கருவிகளில் குழாய் கூம்பு வடிவம் கொண்டதாக இருப்பதால், அனைத்து ஹார்மோனிக்ஸும் (ஒற்றைப்படை, இரட்டைப்படை இரண்டும்) கிடைக்கப்பெறும்.

கீழ் அணைசின் பங்கு

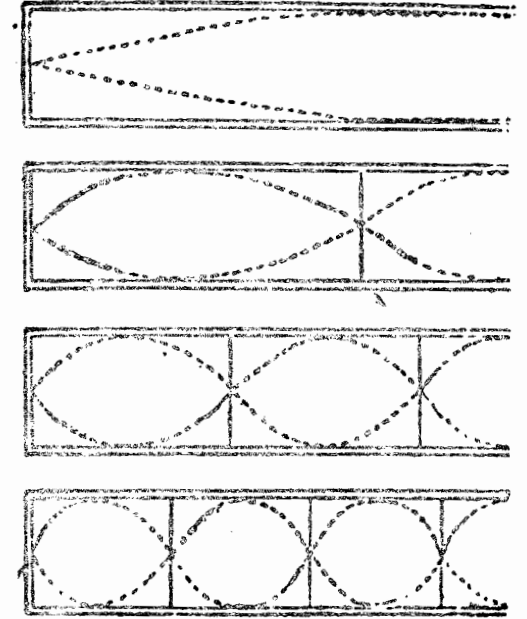
நாகஸ்வரத்தின் கீழ்ப்பாகத்திலுள்ள கீழ்-அணைசு மிகுதியினால் இரட்டைப்படை ஹார்மோனிக்ஸ் இன்னும் அதிகமாக கிடைக்கப்பெறும். மேலும் மிக உயர் அதிர்வு-எண் கொண்ட பரிவார சுருதிகளின் முழுக்கத்தைக் குறைக்கும். மேலும் ஒலியை வெளியில் பரவச்செய்ய மிக முக்கிய காரணமாக உள்ளது கீழ்-அணைசு.



உடனியக்கத்தை விளக்க கோத்து



இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்றில் பல கண்டங்கள்
உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்.



ஒரு பக்கம் திறந்த குழாயில் உள்ள காற்று பல கண்டங்களாக
துடிக்கும் விதத்தை விளக்கும் படம்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட

தோல்களின் துடிப்பு

(Vibrations of Stretched Membranes)

ம்ருதங்கம், தவில் போன்ற தோல் கருவிகளில் இழுத்துக் கட்டப்பட்ட தோல்களைக் காண்கின்றோம். தோல் கருவிகளில் இரண்டு அல்லது மூன்று தோல்கள் அடுக்காக வைக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிப்பக்க தோலை அடித்து அதிர்வு அடையச் செய்தால், உட்பாகத்தில் இருக்கும் தோல்களும், கருவியில் அடைப்பட்டிருக்கும் காற்றின் அழுத்தத்தினால் அதிர்வு அடையும். தோல் ஜவ்வுகளின் மேல் செய்யப்பட்ட ஆய்வின்படி, ஒரு தோலிலிருந்து வலிமை மற்றொன்றுக்கு பரவி, முதல் தோலின் அதிர்வின் முழுக்கம் குறையும். பிறகு மற்ற தோல்களிலிருந்து இது வலிமை பெற்று அதிர்வு அடையத் தொடங்கும். இப்படியாக வலிமையின் மாற்றம் தொடரும். அவ்வடிவின் சக்தி ஒய்ந்து முடியும் வரை.

துடிப்பின் வகைகளை விஞ்ஞான அடிப்படையில் அறியலாம். மேலும் செயல்முறையில் நடத்தியும் காட்டலாம். அடிப்படை ஒலி ஏற்படும்போது தோல் முழுமையாக துடிக்கும்; மையத்தில் எதிர் முடியும், விளிம்பில் முடியும் கோடுவடிவமாக இருக்கும். அதன் அதிர்வு-எண் —

- (1) தோலின் விட்டத்திற்கு நேர்மாறான விகிதாசாரம் கொண்டது.
- (2) பிகுவின் மிசைப்பெருக்க மூலத்திற்கு (square root of the tension) நேர் விகிதாசாரம் கொண்டது.
- (3) ஜவ்வின் ஒரு பரப்பளவின் மொத்தத்தின் மிசைப்பெருக்க மூலத்திற்கு (square root of the mass of the membrane per unit area) நேர்மாறான விகிதாசாரம் கொண்டது.

இம்மாதிரியான கருவிகளின் ஜவ்வு பொதுவாக ஒரு வாய்கலமான சட்டம் மீதோ (கஞ்சீரா) அல்லது பள்ளம் போன்றது மீதோ

இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கும். ஜவ்வு நேராக கையினால் அடித்து அதிர்வு அடையச் செய்யலாம் (ம்ருதங்கம்) அல்லது ஒரு குச்சி மூலம் (தவில்). ஒரு வட்டமான வடிவில் உள்ள ஜவ்வே விரும்பப் படுகிறது. லார்ட் ரேலே (Lord Rayleigh) என்பவர் வட்ட ஜவ்வைப் பற்றிய கணித ஆய்வு செய்திருக்கிறார்.

துடிக்கும் ஜவ்வு உள்ளிருக்கும் காற்றை மாறி மாறி அழுத்தியும், தளர்த்தியும் விடுகிறது. இதனால் ஜவ்வு தன்னுடைய இயற்கை அதிர்வு-எண்களை மாற்றுகின்றது. மேலும் தோல் கருவிகள் மையத்தில் மட்டும் அடிக்கப்படாமல், விளிம்பிற்கும் மையத்திற்கும் நடுவே அநேக இடங்களில் அடிக்கப்படுகின்றன. தோல் கருவிகளின் அதிர்வுகள் பொதுவாக சலாட்னி (Chladni) வகுத்த, ஜவ்வுகள் மேல் மணல் துகள்களை தூவும் முறைப்படி ஆராயலாம்.

சலாட்னி ஒலி உண்டாக்குவதற்கு ஒரு கண்ணாடி அல்லது உலோகத் தகட்டை உபயோகித்தார். ஒரு முறையில் தகடு சதுர வடிவில் இருக்கும் மற்றும் ஆடாமல், அசையாமல் இருக்க நடு மத்தியில் உறுதியாக பிடித்துக்கொள்ளப் பட்டிருக்கும். அந்த தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில், தொட்டுக்கொண்டு, வில்லினால் தகட்டின் மற்றொரு பாகத்தை மீட்டினால் சப்தம் கேட்கின்றதென்பதை கவனிக்கலாம். தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இடத்தை மாற்றியும், வில் போடும் இடத்தை மாற்றியும், பலவித சப்தங்களை உண்டு பண்ணலாம். ஒவ்வொரு சமயமும் சப்தத்தின் குணம் ஒவ்வொன்றாக இருக்கும். தகடு துடிப்புகளைக் கவனிக்க, வில்லை போடுவதற்கு முன், தகட்டின் மேல் சன்ன மணலைத் தூவிக்கொள்ள வேண்டும். இப்பொழுது முன்போலத் தொட்டுக்கொண்டு வில்லைப் போட்டால், தகட்டின் மேல் இருக்கும் சன்ன மணல் தூள்கள் எகிறி சில இடங்களில் இல்லாமலும், சில இடங்களில் குவிந்தும் இருக்கும். [படம் பார்க்கவும்]. மணல் தூள்கள் குவிந்து இருக்கும் இடங்கள் நோடல் லைன்ஸ் (nodal lines) அதாவது முடிகோடுகள் என்றழைக்கப்படும். இவ்விடங்களில் ஜவ்வில் அதிர்வு ஏற்பட வில்லை என்று பொருள்.

ம்ருதங்கம் மற்றும் தவிலின் அடிப்படை ஒலி விஞ்ஞான தத்துவங்கள்

மேலே குறிப்பிட்டுள்ள தோல்களின் அதிர்வு பற்றிய பொதுவான விவரங்கள் ம்ருதங்கம் மற்றும் தவில் இரண்டிற்கும்

பொருந்தும். ஆனால் சில தனிப்பட்ட விவரங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தோலின் எடையை அதிகமாக்குதல்

மருதங்கம் மற்றும் தவில் இரண்டிலுமே தோலில் சில பொருள் களை சேர்த்து எடையை அதிகரிப்பது உண்டு.

மருதங்கத்தில் வலது பக்கத் தோலின் மத்தியில் சாதம், மேன் களீஸ் தூள்கள் மற்றும் புளி சாறு கலந்த ஒரு மாவு தடவப்படு கின்றது. பரவலாக தடவி, மேலும் மாவு தடவி, வலது பக்கம் மத்தி மற்றும் விளிம்பு பக்கம் எல்லாம் ஒரே ச்ருதியில் இருக்கின் றார்ப்போல் செய்ய வேண்டும். இவ்வொலிகள் சாபு (மத்தியில்) மற்றும் மீட்டு (விளிம்பில்) என்றழைக்கப்படுகின்றன. இப்படியாக வலது பக்கத்தில் அடையாளம் புரிந்துகொள்ளும்படியான ஒரு ச்ருதி கேட்கும். அதனால் மருதங்கம் தோல் வாத்தியங்களிலே ச்ருதி சேர்க்கக்கூடிய ஒரு அரிய கருவி.

இடது பக்கம் வாசிப்பதற்கு சிறிது முன்பு, ரவையால் பிசைந்த மாவு மத்தியில் தடவப்படும். வாசித்து முடிந்தவுடன் இந்த மாலை எடுத்து விடுவார்கள்.

தவில் வாத்தியத்தில்கூட குச்சியால் வாசிக்கப்படும் இடது பக்கம் தோலின் உட்புறம் விளக்கெண்ணெய், அஷ்டபந்தனம், நந்தி மொழுக்கு (எண்ணெயால் அபிஷேகம் செய்யப்பட்ட கல் விக்ரஹத்தி லிருந்து எடுக்கப்பட்டது) கலந்த ஒரு பசை தடவப்படும்.

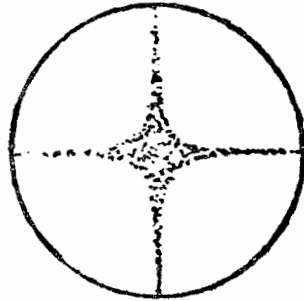
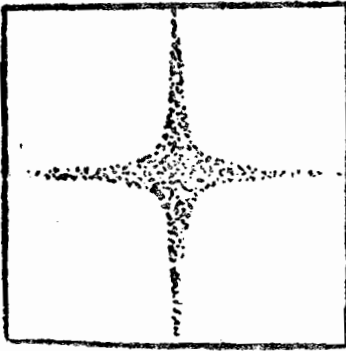
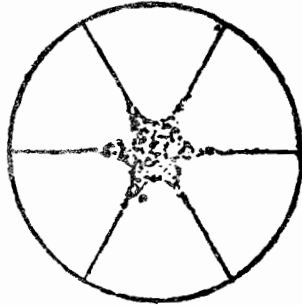
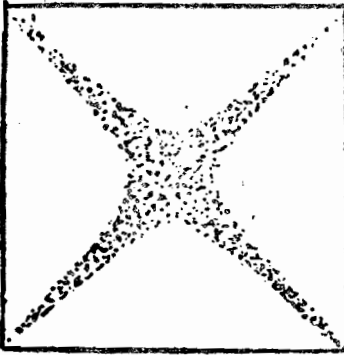
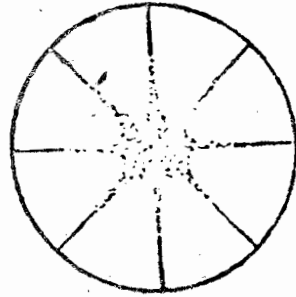
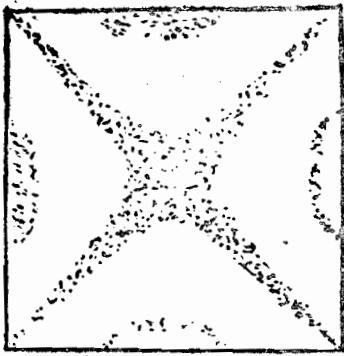
வட்டமான ஜவ்வுகள் அதிர்வு அடையும்போது பொதுவாக ஹார்மோனிக்ஸ் அல்லாத பரிவார சுருதிகளையே உண்டாக்கும். மத்திய பாகத்தில் எடையை ஏற்றினால், ஹார்மோனிக்ஸ் கூடிய பரிவார சுருதிகள் உண்டாகும். விளிம்பு ஓரத்திலிருந்து தொடங்கி மையப் பகுதி வரை தோலின் எடையைப் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டே போனால், பரிவார சுருதிகளில் ஹார்மோனிக்ஸ் அதிகம் இருக்கும்.

ஸ்வரத்தின் முழக்கமும் தன்மையும்

குழாய் அல்லது பீப்பாய் வடிவிலான உடல், மருதங்கம் மற்றும் தவில் நல்ல தன்மையும் முழக்கமும் கூடிய ஒலியை உண்டாக்க வல்லது.

உதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co. Ltd., London, 1969.
2. "ஸங்கீத ஒலி நூல்", ஆர். கே. விசுவநாதன், அண்ணா மலை பல்கலைக்கழகம், 1953.
3. "Principles of Physics" by Earnest Greene, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1969.



தகடுகளின் துடிப்பை விளக்கும் ச்லாட்னி கோளங்கள்.